Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Diplomová práce

Okružní dopravní problém v pekárně

Bc. Roman Čapka

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Roman Čapka

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Okružní dopravní problém v pekárně

Název anglicky

Vehicle routing problem in bakery

Cíle práce

Cílem práce je navrhnout a doporučit optimální řešení v plánování dopravních tras pro Pekárny Vodička s.r.o., která využívá vlastní dopravu pro rozvoz zboží tak, aby náklady spojené s počtem ujetých kilometrů a časem byly co nejnižší.

Metodika

1) Teoreticky část práce bude vycházet z literárních a internetových zdrojů, které se věnují logistice a metodám operačního výzkumu.

2) V praktické části práce bude nejdříve popsáno původní řešení, které firma využívá pro plánování dopravních tras. Posléze budou data poskytnutá firmou aplikována do zvolených metod vhodných pro optimalizaci víceokruhového dopravního problému.

3) Na závěr bude provedeno ekonomické zhodnocení původního a nového řešení plánování dopravních tras včetně doporučení pro danou firmu.

Doporučený rozsah práce

60-80

Klíčová slova

Dopravní úloha, okružní dopravní problém, NP-úplné problémy, Vogelova aproximační metoda, Mayerova metoda, metoda nejbližšího souseda.

Doporučené zdroje informací

BAKEŠOVÁ, Miroslava a Vladimír KŘESŤAN. Základy logistiky. 1. vyd. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2008, 120 s. ISBN 978-80-87035-08-5.

LATÝN, P. – SVOBODA, V. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Logistika.* Praha: ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02735-.

MAČÁT, V. – SIXTA, J. *Logistika : teorie a praxe.* Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

ŘEZNÍČEK, B. – DRAHOTSKÝ, I. *Logistika : procesy a jejich řízení.* Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody.* Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

ZÍSKAL, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA, – HAVLÍČEK, J. *Ekonomicko matematické metody I : studijní texty pro distanční studium.* Praha: ČZU PEF Praha ve vydavatelství Credit, 2001. ISBN 978-80-213-0761-2.

ZÍSKAL, J. – HAVLÍČEK, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. *Ekonomicko matematické metody II : studijní texty pro distanční studium.* Praha: ČZU PEF Praha ve vyd. Credit, 2000. ISBN 80-213-0664-5.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 ZS – PEF (únor 2018)

Vedoucí práce

Ing. Roman Kvasnička, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2017

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 26. 11. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Okružní dopravní problém v pekárně" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29. 11. 2017 ______________________________

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Romanu Kvasničkovi, Ph.D., za cenné připomínky a odborné vedení. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti Pekárny Vodička s.r.o. za poskytnutí podkladů a potřebných informací.

Okružní dopravní problém v pekárně

Souhrn

Diplomová práce se zabývá optimalizací dopravních tras u společnosti Pekárny Vodička s.r.o. Cílem práce je za využití matematických metod pro řešení okružních dopravních problémů navrhnout a doporučit nové trasy s ohledem na co nejnižší vynaložené náklady a s ohledem na rovnoměrné rozložení časové náročnosti jednotlivých vozidel.

V teoretické části práce budou vysvětleny základní pojmy nezbytné pro pochopení dané problematiky a budou popsány základní metody pro výpočet okružního dopravního problému.

V praktické části práce je pro stanovení nových tras použita Clarke-Wrightova metoda a Mayerova metoda. Metody jsou uzpůsobeny kapacitním a časovým omezením.

Na závěr budou nově stanovené trasy pomocí obou metod srovnány s původním řešením realizovaným v pekárně, výsledky budou ekonomicky interpretovány a bude navrhnuto nové řešení.

Klíčová slova: Logistika, operační výzkum, distribuční úlohy, dopravní úloha, okružní dopravní problém, NP - úplné problémy, Clarke-Wrightova metoda, Mayerova metoda

Vehicle routing problem in bakery

Summary

This thesis deals with the optimization of transport routes at Pekárny Vodička s.r.o. The aim of the thesis is to design and recommend new routes using the mathematical methods for dealing with vehicle routing problem, taking into account the lowest possible costs and the uniform distribution of the time requirements of individual vehicles.

In the theoretical part of the thesis will be explained the basic concepts necessary for the understanding of the given issue and will describe the basic methods for calculating the vehicle routing problem.

In the practical part of the thesis is used for determination of new routes Clarke-Wright and Mayer method. The methods are used with respect to capacities and time constraints.

At the end, the new routes will be compared with the original baker's solution using both methods and the results will be economically interpreted and a new solution will be proposed.

Keywords: Logistics, operations research, distribution tasks, transportation task, traveling salesman problem, NP - complete problems, Clarke-Wright method, Mayer method

Obsah

Seznam obrázků

Seznam tabulek

1 Úvod

Výrobní podniky často poskytují pravidelnou distribuci svého zboží jako doplňkovou službu zákazníkům. Úkolem podniku je doručit zboží ve stanovené kvalitě, ve správný čas a na správné místo. S tím je spojena i ekonomická stránka věci, doručit zboží k odběratelům s co nejnižšími náklady. Přeprava zboží je nedílnou a nezanedbatelnou součástí nákladových položek podniku. Proto se rozvoz zboží nerealizuje ke každému odběrateli zvlášť, ale vytváří se okružní spojení.

S okružními dopravními problémy se v praxi velmi často potkáváme. Nejedná se pouze o rozvoz zboží od jednoho dodavatele k více odběratelům, ale i naopak, je-li třeba rozvézt zboží od několika dodavatelů k jednomu odběrateli.

Okružní dopravní problém, který se v literatuře, zejména západní, objevuje pod pojmem „problém obchodního cestujícího“, je definován jako úkol, kdy je známo *n* míst a vzdálenosti mezi nimi, přičemž cílem je spojit všechna místa okružním spojením. To znamená najít nejkratší trasu, která prochází všemi místy právě jednou a začíná a končí ve výchozím místě.

Problém obchodního cestujícího patří do třídy tzv. NP – úplných problémů. Takové úlohy jsou snadno definovatelné, ale nemají žádný efektivní algoritmus, který by našel přesné matematické optimum, s výjimkou těch, jež potřebují počet operací rostoucí exponenciálně s množstvím míst. Přibližná řešení okružního dopravního problému, která jsou považována za ekonomické optimum, poskytuje mnoho aproximačních metod a heuristik.

Základním typem okružního dopravního problému je problém jednookruhový. Okružní spojení všech míst se realizuje jedním okruhem. V praxi se ovšem setkáváme se situací, která vyžaduje realizovat okruhů více. Víceokruhový dopravní problém řeší situace, kdy je třeba převézt velké množství materiálu a kapacita jednoho vozidla nedostačuje. V jiných případech je potřeba zboží převézt za určitou dobu nebo být v určený čas na určeném místě. Tento problém může být vyřešen za použití více vozidel současně nebo jednoho vozidla, které absolvuje více jízd. Omezujících podmínek, které definují konkrétní úlohu, může být celá řada. Proto je důležité při výpočtu všechny omezující podmínky zohlednit a zvolit metodu, jež nejvíce vyhovuje dané situaci.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bude pro společnost Pekárny Vodička s.r.o. navrhnout a doporučit optimální dopravní trasy pro rozvoz zboží, které sama společnost realizuje prostřednictvím vlastního vozového parku. V návrzích tras budou zohledněny náklady spojené s rozvozem zboží, počet ujetých kilometrů a rovnoměrné rozložení časové náročnosti jednotlivých vozidel.

2.2 Metodika

Diplomová práce bude vycházet z teoretických poznatků z odborné literatury, která je uvedena v seznamu literatury. Na základě studia teoretických východisek budou v první části této práce popsány pojmy nezbytné pro pochopení dané problematiky, a to zejména z oblasti logistiky, distribučních úloh a okružních dopravních problémů. Dále budou popsány nejznámější metody pro stanovení okružního dopravního problému.

V praktické části práce bude popsán způsob, jak je realizován rozvoz zboží u společnosti Pekárny Vodička s.r.o. Dále budou zpracována podkladová data, která jsou nezbytná pro výpočet tras. Data poskytla firma a další data, zejména vzdálenosti jednotlivých odběratelů, budou zjištěna pomocí Google maps. Na základě teoretických poznatků budou zvoleny dvě metody, u kterých je předpoklad, že poskytnou nejlepší výsledky s ohledem na omezující podmínky. Pomocí vybraných metod budou stanoveny nové nejkratší okružní trasy. Výsledky budou vzájemně porovnány a srovnány s původním řešením, které je realizováno v dané firmě.

Na závěr budou výsledky jednotlivých metod ekonomicky zhodnoceny a bude nevrženo nové řešení plánování tras pro společnost Pekárny Vodička s.r.o.

3 Literární rešerše

3.1 Pojem logistika

Pojmem logistika je často v běžně dostupných slovnících uvedeno jako staré slovo. Slovo logistika postupem času nabývalo různých významů. Ve starověku se toto slovo používalo jako počítání číslicemi. Leibnitz označoval matematickou logiku jako logistiku. Na ženevském filozofickém kongresu v roce 1904 bylo dohodnuto, že logistika se ztotožní s matematickou logikou.

Ve slovníku cizích slov z roku 1966 se rozlišují dva významy slova logistika. A to symbolická logika užívající matematických formulí a metod a soubor zařízení v hlubokém týlovém území sloužící armádě jako výcvikový prostor, zásoby, vybavení apod. (1)

Původ slova lze hledat v řečtině, kde existují v následujícím významu:

Tabulka č. 1: *Význam slovního základu LOGOS*

LOGOS	slovo, řeč, rozum, počínání
LOGISMUS	počty, výpočet, úvaha, myšlenka
LOGISTES	počtář (úředník ve starých Aténách)
LOGISTIKON	důmysl, rozum
LOGISTICKE	počtářské umění
LOGIKÉ	logika

Zdroj: (1)

Logistika se snaží s co největší pružností a hospodárností dosáhnout efektu uspokojení potřeby zákazníka. V současné době se trh stává trhem zákazníka a z tohoto důvodu je třeba je při přiměřených, ale ne minimálních, nákladech uspokojit zákazníka. Cílem dopravní a zasilatelské logistiky je optimalizovat pohyb zásilek v dopravní síti od vstupu až k příjemci. (2)

3.2 Logistika v dopravě

Cílem je co nejpružnější a nejhospodárnější uspokojení zákazníka. Kvalitní a včasné dodání výrobků zvyšuje přidanou hodnotu pro zákazníka. Náklady, které jsou s dopravou spojeny, bývají jedny z nejvyšších v logistice. Velkou měrou se často podílejí na ceně výrobku. (1)

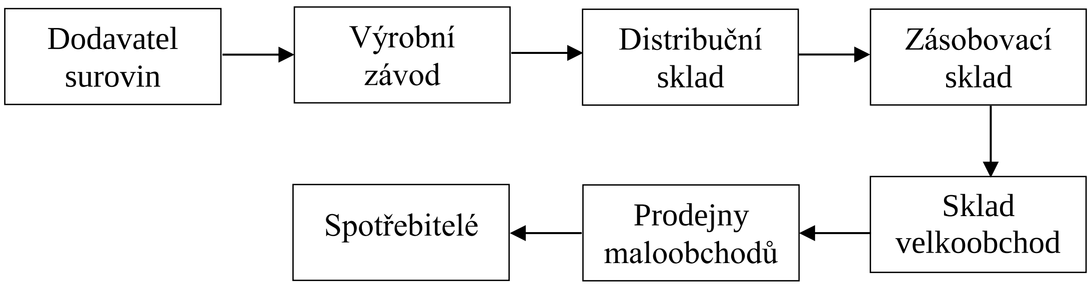
Logistický systém

„Představuje účelně uspořádanou množinu všech technických prostředků, zařízení, budov, cest a pracovníků podílejících se na uskutečnění logistických řetězců. Logistický systém lze považovat za zvláštní druh multisystému, který vymezujeme jako technicko-technologický, informační, komunikační systém a systém řízení. Cílem logistického systému podniku je upevnění a posílení pozice podniku jako ekonomického subjektu na trhu.“ (2)

Logistický řetězec

Dle (2) se logistický řetězec skládá z hmotných, informačních, peněžních a jiných toků ve výrobě, dopravě, zasílatelství a v obchodě, které probíhají mezi různými subsystémy.

Obrázek č. 1: *Příklad článku hmotného logistického řetězce ve výrobě a oběhu*



Zdroj: (2)

Pasivní prvky – prvky, které musí překonat prostor a čas. Patří mezi ně suroviny, výrobky, materiál a podobně.

Aktivní prvky – posláním aktivních prvků je realizovat operace s pasivními prvky. Jsou to technické prostředky a zařízení. Prostředky pro zpracování informací a lidé jsou důležitými aktivními prvky.

Logistika se dle (2) člení podle oblastí působení na:

- **Makrologistiku** – je na úrovni regionů, např. státu.
- **Mikrologistiku** – týká se jednotlivých podniků.
- **Obchodní logistiku** – zabývá se logistickými řetězci v rámci podniku a týká se obchodní činnosti.
- **Dopravní a zasílatelská logistika** – zabývá se synchronizací, koordinací a optimalizací pohybu zásilek

3.3 Operační výzkum

Operační výzkum je vědní disciplína, která se zabývá analýzou různých typů rozhodovacích problémů. Operační výzkum se aplikuje tam, kde se jedná o koordinaci a analýzu operací v rámci nějakého systému. (3)

Počátek operačního výzkumu začal jako samostatná vědní disciplína ve 30. až 40. letech 20. století. Operační výzkum zaznamenal rozvoj během 2. světové války. Ve Velké Británii a USA byly vytvořeny speciální týmy, které měly za úkol analyzovat složité strategické a taktické vojenské problémy a operace. Další velký rozvoj zaznamenal operační výzkum v 50. letech 20. století, kdy docházelo k velkému poválečnému ekonomickému rozvoji. Velkým faktorem, který ovlivnil rozvoj operačního výzkumu, byl rozvoj výpočetní techniky. (3)

Operační výzkum lze charakterizovat jako prostředek k nalezení optimálního nebo nejlepšího řešení problému při respektování celé řady různých omezení mající vliv na chod systému. Matematické modelování je základním nástrojem operačního výzkumu. Při analýze nějakého systému je k analýze využíván model tohoto systému. Pokud je analyzován systém pomocí modelu je třeba brát v úvahu, že model je pouze zjednodušeným obrazem tohoto systému. Základní výhody modelování jsou:

- matematický model umožňuje specifikaci všech variant stavu systému, kterých může být neomezené množství

- simulace na počítači trvá zlomky sekund na rozdíl od reálné systému, kde mohou procesy trvat dny, měsíce nebo roky
- u modelů lze snadno měnit jejich parametry a provádět experimenty
- náklady na realizaci jsou zanedbatelné oproti realizaci reálnému systému

Aplikace operačního výzkumu u reálného rozhodovací problému lze rozdělit do několika fází. (4)

1. **Pozorování problému** – nejprve je potřeba problém odhalit. To znamená znát důkladně prostředí a celý systém.

2. **Definice problému** – problém je třeba přesně definovat, zajistit všechny faktory a souvislosti, které by mohli ovlivnit řešení.

3. **Konstrukce modelu, příprava dat** – model, který se konstruuje, musí odpovídat pozorovanému systému. K tomu je potřeba mít všechny potřebné údaje k dispozici. V této fázi řešení se definují proměnné, jejich definiční obory, omezující nerovnosti. Proto je nezbytná znalost optimalizačních metod. Dále je nutné určit účelovou funkci, která je kritériem pro výběr optimálního řešení.

4. **Řešení modelu** – nalezení nejlepšího nebo optimálního řešení podle zvoleného kritéria. Vzhledem ke složitosti modelu lze někdy určit jen heuristické řešení. Je nutné mít základní představu o různých přístupech a algoritmech, které jsou pro řešení modelu vhodné.

5. **Ekonomická interpretace řešení** – výsledek je třeba interpretovat pro původní reálný problém. To znamená vyhodnotit vliv a důležitost výsledku v celém procesu řešení problému. Tato etapa může být značně složitá pro začátečníky, kteří dokážou model technicky vyřešit, ale nedokážou výsledky správně interpretovat.

3.3.1 Klasifikace disciplín operačního výzkumu

Modely operační výzkumu se zabývají různými oblastmi ekonomického života. Postupem času vznikly tyto relativně samostatné disciplín operačního výzkumu: (4)

1. **Matematické programování** – odvětví operačního výzkumu, které se zabývá řešením optimalizačních úloh, které se snaží nalézt extrém daného kritéria definovaného ve tvaru kriteriální funkce n proměnných na množině variant určených soustavou omezujících podmínek. Podmínky jsou zadány ve tvaru lineárních nebo nelineárních rovnic či nerovnic.

2. **Vícekriteriální rozhodování** – disciplína operačního výzkumu, která se zabývá analýzou rozhodovacích úloh, které jsou posuzovány podle několika hodnotících kritérií zároveň.

3. **Teorie grafů** – patří k nejčastěji aplikovaným metodám operačního výzkumu. Pro analýzu operačního výzkumu se používá model vyjádřen pomoci grafů.

4. **Teorie zásob** – odvětví operačního výzkumu zabývající se strategií řízení zásobovacího procesu a optimalizací skladovacích zásob při zachování minimálních nákladů.

5. **Teorie hromadné obsluhy** – zkoumá systémy, do kterých přicházejí požadavky vyžadující obsluhu a obslužné linky, které obsluhu realizují. S obsluhou souvisí vytváření front, proto má tato disciplína operačního výzkumu alternativní označení teorie front. Analýza má za cíl zefektivnění fungování celého systému. Analýza je vlastně řešení konfliktu mezi stupněm využití obslužných linek a dobou čekání požadavků ve frontě na obsluhu.

6. **Markovovy rozhodovací procesy** – cílem Markovské analýzy je předpověď chování takového systému.

7. **Simulace** – často jediný nástroj pro analýzu složitých systémů. Je vhodným prostředkem analýzy použitelný pro různé typy modelů. Simulace ekonomických modelů spočívá ve vytvoření modelu daného systému na počítačích. Simulace probíhá ve zrychleném čase.

3.4 Lineární programování

Lineární programování je jednou z disciplín operačního výzkumu zabývající se řešením rozhodovacích problémů. Jde o určení intenzit realizace procesů, které probíhají v daném systému. Všechny podmínky, které realizaci těchto procesů ovlivňují, je třeba respektovat a najít takové řešení, aby byl cíl rozhodování splněn co nejlépe. (3)

3.5 Distribuční úlohy

Distribuční úlohy pomáhají řešit základní otázky přemísťování materiálu, které lze vyjádřit slovy odkud, kam, čím a kudy. DÚ řeší rozmisťovací logistické problémy. Takové problémy mohou být zobrazeny a řešeny pomocí teorie grafů a kombinatorickými metodami. (5)

Distribuční úlohy náleží do skupiny úloh lineárního programování. Protože nám některé specifické vlastnosti těchto úloh dovolují použít k řešení speciální metody, nemusíme pro výpočet použít simplexovou metodu, která by byla pro výpočet složitější. (6)

Do skupiny distribučních úloh, které se v praxi často vyskytují, řadíme dopravní problém, přiřazovací problém, kontejnerový dopravní problém, obecný dopravní problém a problém obchodního cestujícího. (7)

V praxi je většina distribučních modelů charakterizována minimalizačním kritériem. Cílem je minimalizovat náklady distribuce. Místo ceny za přepravu jednotky zboží se používá vzdálenost mezi dodavatelem a spotřebitelem. Cílem je tedy nalézt způsob jak přepravit zboží s minimálním počtem tunokilometrů. (5)

3.5.1 Dopravní problém

U dopravní problému je dáno m zdrojů (dodavatelů) D_1, D_2, … ,D_m s kapacitou, která je omezena a_1, a_2, … , a_m (množství, které jsou dodavatelé schopni dodat) a n cílových míst (odběratelů) O_1, O_2, … , O_n s požadavky b_1, b_2, … , b_n (množství, které odběratelé požadují). Vztah mezi každou dvojicí zdroj – cílové místo je určitým způsobem ohodnocen. Hodnocením můžou být náklady na přepravu nebo vzdálenost mezi zdrojem a cílovým místem. Cenu vztahu zdroje a cílového místa označujeme c_{ij}, i=1,2, …, m, j=1, 2, … n. Řešením a cílem dopravní úlohy je naplánovat přepravu mezi zdroji a cíli tak, aby byly uspokojeny požadavky cílových míst a zároveň nebyly překročeny kapacity zdrojů. Z matematického hlediska je třeba stanovení hodnot proměnných x_{ij}, i=1,2, …, m, j=1, 2, … n, které představují objem přepravy mezi i-tým zdrojem a j-tým cílovým místem. (3)

U řešení dopravního problému musíme uvažovat součet kapacit všech zdrojů $\sum_i a_i$ a součet všech požadavků cílových míst $\sum_j b_j$. Pouze u vyrovnaného dopravního problému nastane případ, že: (3)

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j \tag{3.1}$$

U tohoto speciálního případu platí, že všechny kapacity budou vyčerpány a všechny požadavky budou uspokojeny.

Zápis matematického modelu dopravního modelu: (2)

minimalizovat

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} = z_{min} \tag{3.2}$$

za podmínek

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i, i = 1,2, \dots, m \tag{3.3}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, i = 1,2,\dots,n \tag{3.4}$$

$$x_{ij} \geq 0, j = 1,2,\dots,n; i = 1,2,\dots,m \tag{3.5}$$

3.6 Teorie grafů

Jeden ze způsobů jak definovat a popsat okružní úlohu je využití teorie grafů, je třeba nejprve vysvětlit a seznámit se se základními pojmy teorie grafů.

Reálné systémy lze znázornit pomocí grafů, které jsou tvořeny uzly a hranami. Hrany jsou spojnice mezi uzly. Pomocí grafu můžeme znázornit distribuční síť. Grafické znázornění je srozumitelné a názorné. Názornost přispívá k tomu, že grafické zobrazování modelu je velmi často užíváno. (3)

Graf je množina, která se skládá ze spojnic a bodů. Body grafu se nazývají uzly a spojnice mezi nimi hrany. Uzly se označují symboly u_1, u_2, … , u_n a hrany, spojující uzly u_i a u_j označujeme symbolem (i,j). (6)

„*Graf je dvojice G=(V,E), kde V je množina, jejíž prvky se nazývají vrcholy nebo uzly grafu, E je množina neuspořádaných dvojic {u,v}, kde u,v jsou dva různé prvky množiny V. Prvky množiny E nazýváme hranami grafu. Množiny V, E grafu G budeme označovat V(G), E(G).*

Je li v vrchol grafu, pak stupeň vrcholu v je počet hran grafu G, které z v vycházejí. Podgraf G‘ grafu G je graf, pro který platí V(G) ⊂ V(G‘), E(G) ⊂ E(G‘).

Orientovaný graf je dvojice (V,E), kde V je množina nazývána množinou vrcholů orientovaného grafu G a E je množina obsahující uspořádané dvojice různých prvků množiny V. Prvky množiny E nazýváme orientované hrany, pokud nebude hrozit nedorozumění, budeme používat slovo hrana. Na odlišení od orientovaného grafu používáme někdy pro graf název symetrický graf nebo neorientovaný graf. Neorientovaný graf chápeme často jako speciální případ orientovaného grafu tak, že si hranu {v, w} představujeme jako dvojici hran orientovaných, tedy dvojici (v, w), (w, v). Úvahy platné pro orientované grafy jsou tedy obecnější, neboť zahrnují i neorientovaný případ.“ (8)

Pokud se každému vrcholu grafu přiřadí číslo, pak mluvíme o vrcholně ohodnoceném grafu. Stejně tak, pokud se hranám přiřadí číslo, pak mluvíme o hranově ohodnoceném grafu. (8)

„Sled v neorientovaném grafu G je posloupnost vrcholů $v_0,\ldots,v_k$ taková, že $\{v_{i-1}, v_i\}$ je hranou pro $i=1,\ldots,k$. Jestliže $i \neq j$ platí $v_i \neq v_j$, pak se tento sled nazývá cesta. Číslo k se nazývá délka sledu nebo cesty. Pokud cesta obsahuje všechny vrcholy grafu, nazývá se hamiltonovská cesta. Je-li $v_0 = v_k$, mluvíme o uzavřené sledu, a je-li navíc $v_i \neq v_j$ pro $1 \leq i \leq j \leq k$, dostáváme kružnici. Hamiltonovská kružnice je kružnice obsahující všechny vrcholy grafu. Obdobně hamiltonovská cesta je cesta obsahující všechny vrcholy grafu.“ (8)

3.6.1 Základní typy grafů

Základní typy grafů dle (6) jsou:

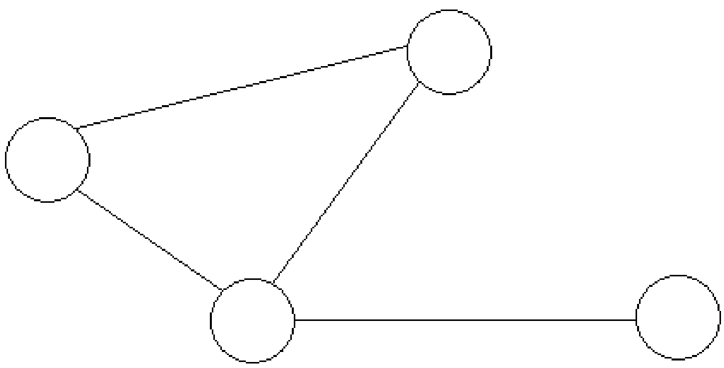
Konečný a nekonečný graf

Pokud má graf konečný počet uzlů, říkáme, že graf je konečný. V opačném případě je graf nekonečný.

Orientovaný a neorientovaný graf

Hrany grafu můžou mít směr, který označujeme šipkou. Pokud má graf takové hrany, říkáme, že graf je orientovaný. V opačném případě je graf neorientovaný.

Obrázek č. 2*: Neorientovaný graf*



Zdroj: (6)

Ohodnocený graf

Grafy dělíme na hranově a uzlově ohodnocené. Pokud je každé hraně grafu přiřazeno alespoň jedno číslu mluvíme o hranově ohodnoceném grafu. Pokud jsou hodnoty přiřazeny uzlům, mluvíme o uzlově ohodnoceném grafu.

Cesta v grafu

Hrana začínající v uzlu, v němž končí hrana předcházející, nazýváme cestou v grafu. Cestu sestavenou z neorientovaných hran nazýváme řetězcem. Cestu, která začíná a končí ve stejném uzlu, nazýváme cyklem. Graf neobsahující žádný cyklus se nazývá acyklický graf.

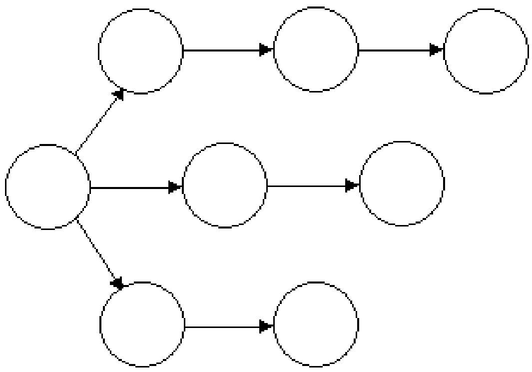
Souvislý graf

Pokud mezi všemi dvojicemi uzlů existuje alespoň jedna cesta (řetěz) nazýváme takový graf souvislý.

Strom

Souvislý graf, který neobsahuje žádný cyklus, se nazývá strom.

Obrázek č. 3*: Graf typu strom*

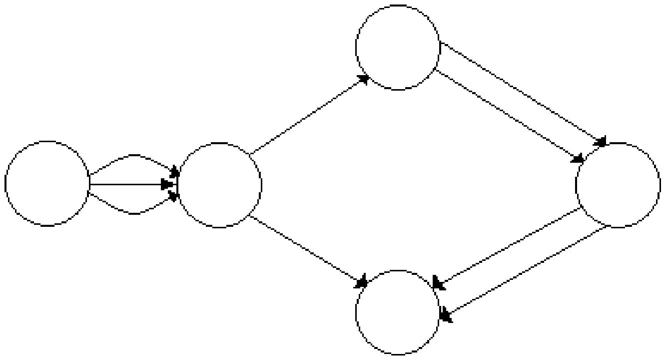


Zdroj: (6)

Multigraf

Pokud existuje mezi některou z dvojic uzlů v jednom směru více než jedna hrana, nazýváme graf multigrafem.

Obrázek č. 4*: Multigraf*

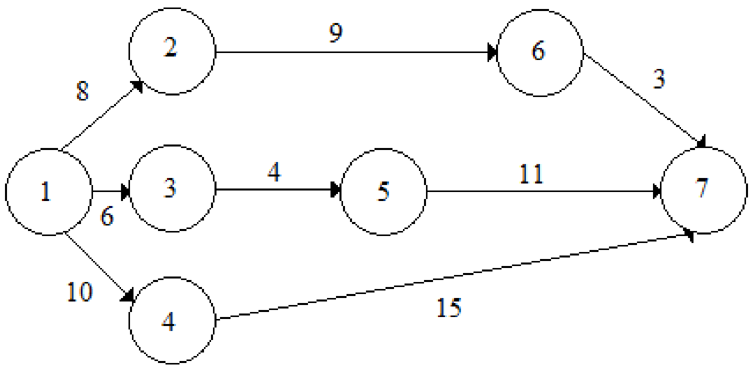


Zdroj: (6)

Síť

Graf, který je konečný, souvislý, orientovaný, acyklický, ohodnocený (hranově nebo uzlově) ve kterém existuje pouze jeden uzel počáteční a pouze jeden konečný nazýváme síť.

Obrázek č. 5*: Síťový graf*



Zdroj: (6)

3.7 Okružní dopravní problém

Okružní dopravní problém, který je označován, jako problém obchodního cestujícího má společné znaky s přiřazovacím problémem. Cílem je vyjít z výchozího místa a právě jednou postupně navštívit místa v libovolném pořadí a vrátit se zpět do výchozího místa tak, aby délka trasy byla co nejkratší. (3)

Okružní dopravní problém (9) definuje takto: máme n míst a sazeb c_{ij} pro každou dvojici míst (i, j), které představují vzdálenost, spotřebu času nebo náklady na spojení míst i aj. Úloha má cíl propojit všechna místa okružím spojením. To znamená, že musíme najít takovou posloupnost míst, aby součet sazeb byl nejmenší. Každé místo se v této posloupnosti vyskytne právě jednou kromě místa počátečního, které se znova objeví na konci trasy.

Cílem okružního dopravního problému je nalézt nejvýhodnější způsob dopravy. Takový způsob dopravy musí být spojením okružním, nikoli izolovaným spojením dvou míst dodavatel – odběratel. Musí být sestavena posloupnost míst tak, aby se každé místo vyskytlo právě jednou s výjimkou místa počátečního, které se vyskytne opět na konci posloupnosti. Součet sazeb pro jednotlivá spojení musí být minimální. Tento problému se v literatuře uvádí pod pojmem „problém obchodního cestujícího. (5)

Okružní problém je lineární úlohou. Úloha by šla řešit simplexovou metodou ale je to nevýhodné a časově náročné i pro úlohy, které nejsou příliš rozsáhlé. Pro výpočet je vhodné použít některou se specifických metod. (7)

3.7.1 Matematická formulace ODP

Dle (2) je dána konečná množina míst, jejich vzdáleností a sazby pro spojení každé z těchto dvojic. Cílem je najít takovou posloupnost míst, kde se každé místo objeví právě jednou součet sazeb pro ohodnocení jednotlivých míst je minimální.

Posloupnost m míst označíme indexy $i_1, i_2, \dots, i_m$ a hodnotu tohoto spojení vypočteme jako součet sazeb.

$$\sum_{k=1}^{m-1} c_{ik,ik+1} + c_{im,i1} \tag{3.6}$$

Tuckerova formulace problému obchodního cestujícího: obchodní cestující navštíví n míst. Symbolem d_{ij} označujeme vzdálenost mezi i-tým a j-tým místem. Cesta, která se má minimalizovat se vyjádří vztahem

$$Z = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} d_{ij} x_{ij} \tag{3.7}$$

kde x_{ij} je počet jízd z místa i do místa j.

Vzhledem k tomu, že cestující navštíví na okružní cestě každé místo právě jednou, musí platit podmínky

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ij} = 1, \;\; j = 1,2, \dots, n \tag{3.8}$$

$$\sum_{j=0}^{n} x_{ij} = 1, \;\; i = 1,2, \dots, n \tag{3.9}$$

Podmínky (1.8) a (1.9) nepostačují k formulaci problému, bylo by možné je splnit tak, že by cestující objel místa po několika samostatných okruzích. Proto Tucker formuloval další podmínky

$$u_i - u_j + nx_{ij} \le n - 1, \quad (i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n \tag{3.10}$$

kde u_i je neznámé reálné číslo přiřazené místu i

u_j je neznámé reálné číslo přiřazené místu j.

3.7.2 Složitost problému

Okružní dopravní problém patří z matematického hlediska mezi tzv. NP - úplné problémy. Pro takovéto problémy neexistuje žádný efektivní algoritmus, který by nalezl přesné matematické optimum. S rostoucím počtem míst roste velmi rychle (exponenciálně) počet omezujících podmínek. Doba výpočtu pro středně velké úlohy by byla nesrovnatelně delší, než je délka lidského života a možná delší než existence celého vesmíru. Existuje ale řada aproximačních metod, nabízející řešení, které lze považovat za ekonomické optimum. (9)

Čas potřebný ke zpracování vstupních dat velikosti *n* algoritmy považovanými za rychlé bývá shora omezen funkcemi typu *n, nlog n*, n^2, n^3 apod. Představitelem pomalých algoritmů, „metoda hrubé síly“, u které se probírají všechny možnosti vyžaduje aspoň 2^n kroků, pokud probírají všechny podmnožiny dané množiny o n prvcích, $n!$ kroku, probírají-li se všechny permutace a n^n kroků, probírají-li se všechna její zobrazení do sebe. Odhad počtu kroků j tedy alespoň exponenciální. (8)

Rozdíl mezi algoritmy pracujícími v polynomiálně omezeném čase a exponenciálními algoritmy ukazuje následující tabulka. Ta ukazuje čas potřebný ke zpracování vstupních dat o velikosti n a počet operací, které je třeba provést je dán funkcí $f(n)$ a čas potřebný k provedení jedné operace je jedna milisekunda. (8)

Tabulka č. 2: *Čas potřebný pro zpracování dat v závislosti na počtu nutných operací*

Operací	*n*							
	20	40	60	80	100	200	500	1000
n	20 µs	40 µs	60 µs	80 µs	0,1 ms	0,2 ms	0,5 ms	1 ms
$n \log n$	86 µs	0,2 ms	0,35 ms	0,5 ms	0,7 ms	1,5 ms	4,5 ms	10 ms
n^2	0,4 ms	1,6 ms	3,6 ms	6,4 ms	10 ms	40 ms	0,25 s	1 s
n^3	8 ms	64 ms	0,22 s	0,5 s	1 s	8 s	125 s	17 min
n^4	0,16 s	2,56 s	13 s	41 s	100 s	27min	17 hod	11,6 dní
2^n	1 s	11,7 dní	36600 let	$3{,}6.10^9$ let				
$n!$	77000 let							

Zdroj: (8)

Rozdíl mezi polynomiálními a exponenciálními je lépe vidět z tabulky, která ukazuje zvětšení rozsahu zpracovatelných úloh, odpovídající zvýšení výpočetní rychlosti 10x, 100x 1000x. Původně bylo za daný čas možno ve stejném časovém limitu zpracovávat data o velikosti $n=100$.

Tabulka č. 3: Zkrácení doby výpočtu při zvětšení výpočetní rychlosti

F(n)	Zrychlení výpočtu			
	1x	10x	100x	1000x
n	100	1000	10000	100000
nlogn	100	702	5362	43150
n^2	100	316	1000	3162
n^3	100	215	464	1000
n^4	100	177	316	562
2^n	100	103	106	109
n!	100	100	100	101

Zdroj: (8)

3.7.3 Dobrý a špatný algoritmus

Dobrý algoritmus je takový, který dokáže vyřešit problém v čase, který pokládáme za přijatelný. Pokud označíme n počet míst, které musí navštívit obchodní cestující, potom doba potřebná k přečtení seznamu roste úměrně k n. Doba potřebná k nalezení optimální cesty ale neroste úměrně k n. Dobrý algoritmus je takový, který najde cestu v čase úměrném k n^k. K může být libovolné reálné číslo, ale nesmí růst s n. Algoritmus s čase n^3 je dobrý ale n^n nebo 2^n je špatný. Pokud bychom v úloze n=100 použili algoritmus n^3 vyřešil by počítač, který je schopen provést 10^9 instrukcí za sekundu tuto úlohu za 0,001 sekundy. V případě použití algoritmu 2^n by ten stejný počítač řešil úlohu 40 bilionů let. (10)

3.7.4 P a NP

Dobrý algoritmus je označován jako P od slova polynomiální. Polynomiální algoritmus znamená, že jde o algoritmus běžící v polynomiálním čase. I přes to, že třída P má přesnou definici nemusí být lehké určit, jestli konkrétní případ do téhle třídy patří. Může se stát, že problém obchodního cestujícího patří do třídy P, ale nikdo zatím neobjevil algoritmus, který by to prokázal. NP označujeme třídu úloh, které jsou nedeterministicky polynomiální. Problém obchodního cestujícího patří mezi NP – úplné problémy. Pokud by někdo nalezl dobrý algoritmus pro kteroukoliv z NP – úplných úloh, prokázalo by se, že P se rovná NP. (10)

Zdroj (8) uvádí, že existuje řada úloh z operační analýzy a úloh z teorie grafů, u kterých nejsme schopni nalézt optimální řešení ani na nejvýkonnějších počítačích a většina těchto úloh patří do třídy tzv. NP - úplných problémů. Uvádí, že někteří autoři mluví o NP - úplných problémech jako o úlohách z praktického hlediska neřešitelných.

V roce 1972 předložil seznam dalších 19 problémů, které mají stejnou obtížnost. Patřili mezi ně existence obarvení grafu *k* barvami, problémy obchodního cestujícího nebo existence hamiltonovské kružnice. (11)

Zdroj (8) uvádí, že v současné době je známo takových úloh několik set.

Rychlý a přesný algoritmus dodnes neznáme ani pro jednu NP – úplnou úlohu. Najít algoritmus pro jednu úlohu by znamenalo nalezení algoritmu pro stovky obtížných problémů najednou. Nepodařilo se ani dokázat, že algoritmus řešení neexistuje. Je ale možné se s pokojit s řešením, který nenalezne algoritmus, který zcela optimálně úlohu vyřeší, ale nalezne přibližné řešení. (8)

3.8 Varianty okružního dopravního problému

Zdroj (12) rozděluje varianty okružního dopravního problému na:

- **kapacitní dopravní problém** – u této varianty je omezena kapacita jednotlivých vozidel. Vozidla musí obsloužit zákazníky při minimálních nákladech. Řešení je uskutečnitelné, pokud celkové množství přidělené na každou trasu nepřekročí kapacitu vozidla.

- **úloha s více sklady** – společnost, která obsluhuje zákazníky, může mít více skladů. Pokud jsou zákazníci seskupeni kolem skladů, měl by být distribuční problém vyřešen pomocí nezávislých okružních problémů. Úloha s více sklady vyžaduje přidělení zákazníků ke skladům. Cílem je obsloužit všechny zákazníky, počet vozidel a vzdálenost.

- **periodický dopravní problém** – u klasického problému je obvykle plánovací období jeden den. V případě periodického dopravního problému může být prodlouženo plánovací období na M dnů. Vozidlo se nemusí vrátit do centrálního skladu ve stejný den, kdy odjíždí. Během M dnů musí být každý zákazník obsloužen aspoň jednou.

- **úloha s rozdělenou dodávkou** – jedná se o modifikaci úlohy, kdy je jeden zákazník obsloužen více vozidly. V praxi se jedná o případy, kdy požadavky jednoho zákazníka přesahují kapacitu jednoho vozidla. Musí být ale zachována podmínka minimalizace nákladů.

- **stochastický dopravní problém** – jedná se o případ kdy jedna nebo více složek je náhodná. Tyto úlohy jsou řešeny ve dvou fázích. První řešení se vypočte před tím, než jsou náhodné proměnné známé. V druhém kroku, kdy jsou náhodné proměnné známé, je přijato nové opravné řešení.

- **úloha se zpětným sběrem** – jde o úlohu, kdy zákazníci můžou zboží požadovat nebo vracet. Předpokladem je, že se musí nejprve veškeré zboží vyložit a až poté se může zboží vracet. Vyplývá to z předpokladu, že zboží je nakládáno zezadu a jakákoliv překládka zboží na trase je neúporná nebo neproveditelná. Množství zboží, které má být doručeno a vyzvednuto je předem známo.

- **úloha s vyzvednutím a doručením** – úloha předpokládá, že zákazníci některé zboží vrátí. Je třeba brát v úvahu, že zboží, které zákazníci vrací, nesmí přesáhnout kapacitu vozidla. Toto omezení stěžuje plánování a může dojít ke špatnému využití kapacity vozidel nebo k potřebě více vozidel.

- **úloha se satelitními středisky** – satelitní střediska se využívají v případech doplnění vozidel během trasy. Toto řešení umožňuje řidičům pokračovat v dodávkách zboží až do ukončení jejich směny bez nutnosti návratu do centrálního skladu. Tento případ může nastat především při distribuci pohonných hmot a některých maloobchodních položek.

- **úloha s časovými okny** – v případě úlohy s časovými okny je definován pro jednotlivá odběrová místa čas, kdy je možné zboží dodat. Prakticky jde o omezenou pracovní dobu na straně zákazníků.

3.9 Přehled nejznámějších metod

Pro řešení okružního dopravního problému se používají heuristické metody, protože neexistuje žádná efektivní metoda. Jde o metody, jejichž účelová funkce nemusí být optimální, ale tyto metody dávají přípustné řešení. Postup metody je takový, že účelová funkce dosahuje vysoké hodnoty u maximalizace a nízké u minimalizace. Dále uvádí, že místo metody by se mělo používat slovo výpočetní postup, protože odchylka v algoritmu je taktéž heuristickou metodou. (13)

Ve všech monografiích jsou aproximační metody rozděleny na metody vytvářející řešení a metody řešení zlepšující. (14)

Metody vytvářející řešení:

- Se sekvenčním postupem – pracují od jednoho místa a postupně se rozšiřují do okolí
- S paralelním postupem – části, které se začali vytvářet na více místech najednou, se časem spojí v jedno

Metody zlepšující řešení: některou z metod bylo nalezeno řešení a to je pak postupně vylepšeno

3.9.1 Metoda nejbližšího souseda

Princip metody nejbližšího souseda spočívá v tom, že si zvolíme libovolné, místo ze kterého budeme vycházet. Z tohoto místa se vydáme do místa, které je s výchozím místem spojeno nejvýhodnější sazbou. Odtud pak do místa kde jsme ještě nebyli a je opět spojeno s místem kde se nacházíme nejvýhodnější sazbou. Postup opakujeme, dokud neprojedeme všechna místa a nakonec se vrátíme do místa výchozího. Poté postupně zvolíme všechna místa jako výchozí a pro každé místo najdeme stejným způsobem okružní trasu. V případě, že má úloha nesymetrickou matici sazeb, provedeme pro každé místo hledání trasy „pozpátku". Ze všech nalezených tras nakonec vybereme nejkratší. (9)

Nevýhoda této metody spočívá v krátkozraké strategii. Na začátku výpočtu vybíráme nejvýhodnější sazby a v pozdější fázi zůstanou pouze sazby nevýhodné. (5)

3.9.2 Vogelova metoda

Vogelova metoda patří mezi nejpoužívanější aproximační metody. Tato metoda poskytuje řešení blízké optimu. Princip je založen na obsazování políček nejen podle nejvýhodnějších sazeb, ale počítá i s rozdíly mezi nejvýhodnějšími sazbami v řádcích tabulky. To znamená, že obsazujeme spoje s výhodnými sazbami v průběhu celého výpočtu rovnoměrně. (15)

Princip metody spočívá v tom, že v každém řádku a sloupci matice sazeb určíme rozdíly mezi dvěma nejvýhodnějšími sazbami. Poté nalezneme největší rozdíl a u nalezeného řádku nebo sloupce najdeme buňku s nejvýhodnější sazbou. Řádek i sloupec vyškrtneme a vytvoříme tak nové spojení. Vyškrtneme také buňky, které by s právě obsazenou buňkou nebo jinými již dříve obsazenými buňkami uzavírali kruh, který neprochází všemi místy. Znova přepočteme rozdíly v řádcích a sloupcích a postup opakujeme, dokud nenalezneme okružní spojení. (5)

3.9.3 Harbrova metoda absolutních výhodností

Pomocí Harbrovi metody se okružní dopravní problém řeší tak, že se mezi jednotlivými místy vybírá a do okruhu spojení zařazují spoje, které jsou co nejvýhodnější. Tento globální pohled poskytují Habrovi frekvence. (6)

Ze všech možných spojení mezi jednotlivými místy vybere a do okruhu zařadí spojení míst (i, j), které odpovídá nejmenší frekvenci. Následně se hledá nejvýhodnější frekvence (f_{jk}) pro navazující spojení a daný úsek se zařadí do okruhu. Dále se pokračuje v návaznostech f_{kl}, f_{lm} … až se celý okruh uzavře. (5)

Postup předpokládá, že se vypočtou frekvence ze všech možných spojení mezi jednotlivými místy a zařadí se do okruhu spojení dvou míst, které mají nejvýhodnější frekvenci. Následně se zařazuje do okruhu spojení s nejvýhodnější frekvencí pro navazující spojení. Dále se pokračuje do doby, než se okruh uzavře. Pro urychlení postupu nemusíme pracovat s frekvencemi jako charakteristikami celkové výhodnosti jednotlivých úseků sítě ale postačí s rozloženými frekvencemi. Vychází se z úvahy: u frekvenční metody vyjadřujeme elementární frekvenci vždy pro čtveřici sazeb jako rozdíl křížového součtu sazeb

$$f_{ij} = \left(c_{ij} + c_{kl}\right) - \left(c_{il} + c_{kl}\right) \tag{3.11}$$

Křížový rozdíl sazeb vyjádříme takto:

$$\left(c_{ij} - c_{kj}\right) - \left(c_{il} + c_{kl}\right) \tag{3.12}$$

Dvojice (1.12) jsou řádkové rozdíly sazeb. Vzájemné výhodnosti jednotlivých políček lze vyjádřit pomocí rozdílů sazeb mezi jednotlivými řádky nebo sloupci tabulky.

Algoritmus metody absolutních výhodností

1. Ze základní tabulky vzdáleností sestavíme analytické dílčí tabulky řádkových rozdílů sazeb.
2. V dílčích tabulkách zjistíme řádková minima. Ta zakroužkujme.
3. Pro tvorbu okruhu vybereme spojení, u kterého se řádková minima koncentrují do některého sloupce dílčích tabulek.
4. Jestliže neexistují v dané dopravní síti absolutně výhodná spojení, zjistíme všechna absolutně nevýhodná spojení. Spojení s maximálním počtem minim pak zkonfrontujeme se spojením absolutně nevýhodnými. Jestliže některé z těchto

spojení je nevýhodné jen ve vztahu ke spojení, které je absolutně nevýhodné, uvažujeme další tak, jako by bylo absolutně výhodné.

5. Z absolutně výhodných spojení, která jsou navzájem nezávislá, vytváříme první úseky cest.
6. Zařazením určitého spojení zredukujeme původní dílčí tabulky tak, že všechny hodnoty odpovídající těmto spojením vypustíme z úvahy. Dále vypustíme všechna spojení, která by předčasně uzavřela okruh.
7. Ve zbývajících dílčích tabulkách vyhledáme opět spojení absolutně výhodná, respektive nevýhodná. Postup opakujeme do uzavření okruhu. (2)

3.9.4 Dantzingova, Fulkersonova a Johansonova metoda

Metoda převádí řešení na úlohu celočíselného programování řešenou simplexovou metodou. (2)

3.9.5 Croseova metoda

Problém obchodního cestujícího se řeší postupným zlepšováním počátečního řešení určitými změnami v pořadí vrcholů do té doby, dokud je to možné. Řešení není optimální. K nalezení optima se dalšího složitého postupu. (2)

3.9.6 Littlova metoda

Je založena na metodě větví a mezí. Všechna přípustná řešení se dělí na stále se zmenšující podmnožiny. Pro každdou podmnožiny se vypočte hranice minimální dosažitelné délky. Pokud nalezneme řešení s nejmenší hodnotou spojení rovnou nejnižší určené hranice, postup končí. Metoda je vhodná okružní trasy s neomezenou kapacitou vozidel. (2)

3.9.7 Mayerova metoda

Mayerova metoda je přibližná metoda pro sestavení okružních jízd s výběrem minimálních prvků. Metoda je vhodná pro okružní problém s centrálním místem a s úplnou sítí cest. Metoda počítá se symetrickou maticí sazeb. Místa jsou uspořádána podle sazeb mezi jednotlivými místy a centrálním skladem.

Řešení probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku provedeme výběr míst pro jednotlivé okružní jízdy. První se do trasy zařadí místo s nejvyšší sazbou trasy k centrálnímu místu. K vybraným místům se postupně zařazují místa tak, aby místo bylo co nejblíže již k vytvořené trase a zároveň nebyla překročena kapacita vozidla. Místa jsou přidávána, dokud není překročena kapacita okruhu. V dalším okruhu opět začínáme v nejvzdálenějším místě, které nebylo ještě do okruhu zařazeno. Ve druhém kroku řadíme místa v jednotlivých trasách. Trasy jsou upravovány na základě intuitivního rozhodování a znalosti dopravní sítě. Je vhodné uvažovat i objem přepravovaného materiálu. Alternativou pro výpočet jednotlivých okruhů je použití jedné z metod pro řešení jednookruhového dopravního problému. (5)

3.9.8 Clarke- Wrightova metoda

(16) uvádí, že metoda spočívá v tom, že v každé iteraci metody jsou podle jistého kritéria vybírány dvě možné trasy ($V_0 – V_i – V_0$) a ($V_0 – V_j – V_0$) a ty jsou spojeny do jedné sdružené trasy ($V_0 – V_i – V_j – V_0$). Dvě trasy mohou být sdruženy pouze v případě, že je každý zákazník je v rámci některé trsy obsloužen právě jednou a nesmí být překročena kapacita žádného z vozidel. Při postupu můžeme snadno kontrolovat další podmínky jako je maximální délka trasy, počet navštívených míst, doba jízdy, atd.

Výhodnost nebo nevýhodnost sdružených tras je určena úsporou, která při sdružení vznikne. Tato úspora je měřena výhodnostním koeficientem z_{ij} podle vztahu

$$z_{ij} = (d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}) \qquad (3.13)$$

kde d_{0i}, d_{0j}, a d_{ij} označují délky hran (V_0, V_i), (V_0, V_j), (V_i, V_j). Hodnota z_{ij} vyjadřuje rozdíl mezi součtem délek tras ($V_0 – V_i – V_j$) a ($V_0 – V_j – V_0$) a délkou sdružené trasy ($V_0 – V_i – V_j – V_0$). V každé iteraci sdružíme ty dva uzly, které vykazují nejvýhodnější vyhodnostní koeficient z_{ij}, za podmínek přípustnosti řešení.

Postup řešení Clarke-Wrightovi metody

1. Pro dopravní síť S = (V, H) sestavíme matici vzdáleností D = {d(i, j)}, kde i,j = 0, 1, … , m;n n = V. Sít S musí být úlná, to znamená, že prvky matice D ohou vyjadřovat jak délky úseků, tak i vzdálenosti mezi jednotlivými uzly. Dále máme zadány následující hodnoty

   c ……….. průměrná rychlost pohybu
   t ……….. doba potřebná k vyložení jednotkového množství elementů
   T ………. maximální doba pohybu vozidla
   K ……… kapacita vozidla
   q_i ……... množství elementů přepravovaných z uzlu V_0 do uzlu V_i (i=1,…,n)

2. Vytvoříme počáteční řešení představující soubor elementárních tras ($V_0 – V_i – V_0$) pro všechny uzly sítě i = 1, … ,n s uvedeným množstvím elementů a dobami přepravy.

3. Z matice D odvodíme matici výhodnostních koeficientů Z = {z_{ij}}, kde i,j = 1,...,n podle vztahu $z_{ij} = d_{0i} + d_{0j} – d_{ij}$, kde z_{ij}, jak bylo zavedeno, vyjadřuje rozdíl mezi součtem délek tras ($V_0 –V_i –V_0$) a ($V_0 –V_j –V_0$) a délkou sdružené trasy ($V_0 –V_i –V_j –V_0$).

4. V matici Z najdeme největší kladný prvek z_{ij} a sdružíme, je-li to možné, trasy ($V_0 – V_i – V_0$) a ($V_0 – V_j – V_0$) do sdružené trasy ($V_0 –V_i –V_j –V_0$). Pokud takový prvek neexistuje, skončíme. Aktuální množina okružních tras je výsledkem algoritmu. V opačném případě přejdeme na krok 5).

5. Zkontrolujeme, zda druženým tras ($V_0 –V_i –V_0$) a ($V_0 –V_j –V_0$) vznikne přípustná trasa. Pokud přípustná trasa nevznikne, položíme $z_{ij} = 0$ a přejdeme na krok 4. Jinak pokračujeme krokem 6.

6. Aktualizujeme množinu uzlů V vyjmutím i a j, jestliže sdružením tras přestaly být krajními uzly trasy. Položíme $z_{ij} = 0$. Aktualizujeme množinu tras vyjmutím

sdružených tras a vložením nové trasy. Současně také aktualizujeme ostatní sledované parametry.

Není-li krok 4) a 5) možný, najdeme nejblíže menší nebo stejně velký prvek z_{st} a sdružíme trasy obsahující uzly Vs a Vt; mohou to být elementární trasy nebo trasy, vzniklé předchozím sdružováním. Pro krajní uzly Vs a Vt nově vzniklé trasy položíme $z_{st} = 0$ a přejdeme na krok 4).

Postup opakujeme, pokud není matice Z vyčerpána nebo pokud není zřejmé, že kapacity vozidel jsou vyčerpány a další řešení nemá smysl. Výsledné řešení nemusí být optimální, ale často bude jen suboptimální.

4 Optimalizace dopravních tras

Cílem této části diplomové práce je vhodnou metodou stanovit okružní jízdy vozidel rozvážejících pekárenské výrobky z Pekáren Vodička k jejich zákazníkům a srovnat je s trasami, které jsou zavedeny v pekárně. Vzhledem k tomu, že firma, pro kterou se nové okružní jízdy stanovují, není vybavena žádným sofistikovaným optimalizačním softwarem, budu analyzovat současný stav a srovnávat ho s nově vzniklým řešením. Nové řešení podrobně rozeberu a ekonomicky zhodnotím. Snahou je celý rozvozový systém stabilizovat, optimalizovat a zefektivnit.

Trasy, po kterých pekárna rozváží své zboží k zákazníkům, stanovil ředitel firmy dle svého uvážení a svých dlouholetých zkušeností a po dohodě s řidiči jednotlivých vozidel. Při analyzování současného stavu se zaměřím na to, jestli nedochází u jednotlivých řidičů k nevyužití pracovní doby, nebo naopak jestli nedochází ke vzniku přesčasů. Jestli u jednotlivých vozidel nedochází k nerovnoměrnému rozložení nákladu, to znamená, jestli není některé z vozidel přetěžováno a jiné málo využito.

4.1 Pekárny Vodička

Pekárny Vodička, které byly založeny v roce 1993, sídlí v Mariánské ulici v Příbrami. Hlavním cílem firmy je nenabízet rozpečené mražené výrobky ale poskytnout zákazníkům to nejlepší co je možné na trhu získat. Vyrábí z nejkvalitnějších surovin, které jsou na trhu k dispozici, a při samotné výrobě není upřednostňována cena před kvalitou. Pekárna se vrací k postupům našich předků, vyrábí si vlastní žitný kvas dle staročeské receptury a tím je zaručena vysoká aktivita živých kultur a prodloužená životnost pečiva. Pekárna cílí na zákazníka, který nehledá nízkou cenu ale kvalitu. Společnost Pekárny Vodička se také snaží přispět ke zlepšení životního prostředí a tak jedním z důvodů optimalizace dopravních tras pro rozvoz zboží je i vliv na ekologickou zátěž při rozvozu.

Pekárny Vodička si za dobu své existence vybudovali desítky klientů, kterým dodávají své pečivo s větší či menší pravidelností. V této práci se budu zabývat optimalizací tras pro stálé klienty. Dodávka zboží probíhá každý den, liší se pouze množstvím pečiva ve všední den a o víkendu. Předmětem optimalizace tras této práce budou klienti, kterým je pekárenské zboží dodáváno pravidelně každý všední den.

Pekárny Vodička dodávají zboží na pravidelných linkách k 46 odběratelům v Příbrami a jeho okolí a v Praze a jeho okolí.

Zboží rozváží denně 3 vozidla na pravidelných trasách. Jedno vozidlo obsluhuje zákazníky v Příbrami a okolí a dvě vozidla obsluhují zákazníky v Praze a okolí.

V tabulce č. 4 je uveden seznam odběratelů včetně adres a počtu přepravek, které vozidlo na danou adresu veze. Každému místu je přiděleno pořadové místo. Dále budu v této práci pro zjednodušení používat číslo místo názvu a adresy odběratele. Číslem 0 je označena pekárna.

Tabulka č. 4*: Seznam odběratelů*

P.č.	Název	Adresa	Město	Přepravky
0	Pekárny Vodička	Mariánská 85	Příbram	
1	HADOG	Turnovská 7	Praha 9	14
2	Milan Horyl	Kbelská 648/1	Praha 9	8
3	Mateřská škola	Šumavská 920/37	Praha 2	11
4	Řeznictví Mikoláš	Korunní 1087/38	Praha 2	6
5	Toms Burger	Anny Letenské 916/16	Praha 2	8
6	Restaurace Zebra Asia Noodle Bar	Celetná 39	Praha 1	15
7	Hoffa Bar	Senovážné nám. 22	Praha 1	5
8	Potrefená Husa	Dlážděná 1003/7	Praha 1	7
9	NZV s.r.o. Hooters	Vodičkova 12/5	Praha 1	7
10	Pivovar u Valšů	Betlémská 286/5	Praha 1	5
11	Restaurace Sluneční terasa	Revoluční 655/1	Praha 1	6
12	Cash Carry	Českobrodská 36	Praha 9	68
13	Hotel Corinthia	Kongresová 1655/1	Praha 4	15
14	Le Burger s.r.o.	Vltavská 35	Praha 5	7
15	Jídelna	Náměstí hrdinů 725/12	Praha 4	4
16	Hotel Taurus	Vinohradská 105	Praha 3	10
17	Hotel Theatriino	Bořivojova 53	Praha 3	9
18	Hotel Bílý lev	Cimburkova 20	Praha 3	8
19	Hotel Seifert	Koněvova 8	Praha 3	12
20	Hotel Aida	Kubišova 23	Praha 8	7
21	Hotel Mucha	Sokolovská 26	Praha 8	9
22	Hotel Bishop`s House	Dražického náměstí 6	Praha 1	12
23	Hotel Clementin Old Town	Seminářská 4	Praha 1	10
24	Hotel Waldstein	Valdštejnské náměstí 6	Praha 1	10
25	Hotel Golden Star	Nerudova 48	Praha 1	11
26	Hotel Monastery	Strahovské nádvoří 13	Praha 1	13
27	Lagardere Food Services, a.s. PORTO	Aviatická 1017/2	Praha 6	18
28	Na Krásné vyhlídce	Pod lisem 129/2	Praha 7	9
29	Restaurace Gól	Spojovací 61	Příbram	7
30	Pizzařství s.r.o.	Milínská 120	Příbram	9

31	Jana Venyercsanová	Obecnice	Obecnice	8
32	Josef Tomek koloniál	Pod Čertovým pahorkem 485	Příbram	14
33	Potraviny BALA Milín	Školní	Milín	11
34	Dětská odborná léčebna	Bukovany 1	Bukovany	8
35	Grill kantýna Dubno	Dubno 28	Dubno	4
36	Potraviny Trhové Dušníky	Trhové Dušníky	Příbram	8
37	Šášaburger	Jiráskovy sady	Příbram	24
38	Potraviny BALA u nemocnice	Gen. Tesaříka 353	Příbram	9
39	U veselé pekařky	Husova 622	Příbram	29
40	Neptun potraviny	nám. 17. listopadu 293	Příbram	8
41	Alternativní mateřská škola	Školní 143	Příbram	5
42	Mateřská škola Láz	Láz 7	Láz	4
43	Masna u Paboučků	Pražská 5	Příbram	5
44	Grizzly`s Burger Bar	Ke škole 1388	Mníšek pod Brdy	7
45	Velkoobchod Koruna	Březnická 390	Příbram	8
46	Potraviny URAN	Plzeňská 74	Příbram	11
			Celkem	**503**

Zdroj: Vlastní

4.2 Analýza současného stavu

Jak již bylo výše uvedeno, analyzovaná společnost Pekárny Vodička nepoužívá ke stanovení tras žádný software pro výběr nejvhodnějších tras. Trasy, které jsou předmětem analýzy této diplomové práce, stanovil a postupem času modifikoval do dnešní podoby ředitel pekárny v součinnosti s řidiči rozvozových vozů. Firma Pekárny Vodička používá jako elektronickou knihu jízd software CCS CarNet. Z tohoto softwaru byly poskytnuty údaje, které jsou potřebné k analýze současného stavu a údaje které budou potřeba ke stanovení nových tras zvolenou metodou.

Výše uvedených 46 odběrových míst je rozděleno do třech tras. K tomuto účelu jsou vyčleněny 3 rozvozové vozy. Jedno vozidlo obsluhuje zákazníky v Příbrami a jeho okolí. Zbylé 2 vozidla obsluhují zákazníky v Praze a jeho okolí.

4.2.1 Použitá vozidla

Společnost používá k rozvozu výrobku vozidla VW Crafter. Výrobky jsou převáženy v přepravkách určených k přepravě pekárenských výrobků. Každé z vozidel má maximální kapacitu 200 přepravek.

4.2.2 Pracovní doba

Řidiči vozidel pracují v 8 hodinové pracovní době. Z těchto hodin je třeba odečíst čas potřebný na naložení zboží, připravení vozidla k jízdě a na konci pracovní doby vyložení prázdných přepravek, dotankování a jiných úkonů, které jsou potřeba k tomu, aby bylo vozidlo připraveno na další den. Po odečtení času potřebnému k výše uvedeným úkonům zbývá k rozvozu zboží 6 hodin čistého času.

4.2.3 Doba potřebná pro vyložení zboží u zákazníka

Vzhledem k tomu, že software CCS CarNet zaznamenává zastávky u jednotlivých zákazníků pouze v případě zastavení delším než 15 minut, nebylo možno zjistit přesnou dobu zastávek v případech, kdy řidič zastavil na kratší dobu. Průměrnou dobu pro vyložení zboží jsem stanovil na 10 minut po konzultaci s řidiči jednotlivých vozidel na základě jejich mnohaleté zkušenosti.

4.2.4 Současné trasy

V tabulce č. 5, č. 6 a č. 7 jsou přehledně uvedeny jednotlivé trasy včetně celkově ujetých vzdáleností, časů strávených na cestě a počet přepravek, které jednotlivé vozy přepravují. Na konci tabulek jsou součty jednotlivých položek za celou trasu.

V tabulce č. 5 jsou zobrazeny údaje trasy č. 1. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 176 km a 450 metrů. Na trase stráví 6 hodin a 14 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 142 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 5: Trasa č. 1 - původní

Trasa 1 - původní				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
27	0	18	71,9	54
26	27	13	13,1	19,5
25	26	11	3,2	9
24	25	10	2,35	6
22	24	12	1,15	6,25
28	22	9	5,3	11,8
11	28	6	4,3	11,5
6	11	15	1,55	6,25
8	6	7	2,3	7,5
7	8	5	1,4	4
5	7	8	2,55	10,5
4	5	6	1,45	5,5
9	4	7	2,2	6,8
10	9	5	1,65	6
23	10	10	0,65	4
0	23	---	61,4	55
	Celkem	**142**	**176,45**	**373,6**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 6 jsou zobrazeny údaje trasy č. 2. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 163 km. Na trase stráví 5 hodin a 36 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 189 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 6: Trasa č. 2 - původní

Trasa 2 - původní				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
44	0	7	32,5	29
14	44	7	28,7	26
13	14	15	4,05	9,5
15	13	4	1,05	2,5
12	15	68	10,2	16,5
2	12	8	2,85	4,5
1	2	14	4,4	9
20	1	7	5	11
21	20	9	5,85	12
19	21	12	2,15	5,5
18	19	8	0,75	3
17	18	9	1,35	5
16	17	10	0,95	4,5
3	16	11	0,9	2,5
0	3	---	62,3	56
	Celkem	**189**	**163**	**336,5**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 7 jsou zobrazeny údaje Trasy č. 3. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Příbrami a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 82 km. Na trase stráví 5 hodin a 33 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 172 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 7: Trasa č. 3 - původní

Trasa 3 - původní				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
42	0	4	8,7	31
40	42	8	9,05	30,5
41	40	5	1,1	4,5
32	41	14	1,2	3,5
34	32	8	16,3	17
33	34	11	9,4	10
45	33	8	7,55	9
30	45	9	1,15	2,5
29	30	7	1,2	4
43	29	5	0,25	1,5
37	43	24	0,7	4
38	37	9	0,6	3,5
46	38	11	0,5	2,5
31	46	8	5,95	8
36	31	8	8,6	12
35	36	4	4,8	7
39	35	29	5	8,5
0	39	---	1,95	4,4
	Celkem	**172**	**82**	**333,4**

Zdroj: Vlastní

Tabulka č. 8 přehledně ukazuje součet všech tří okruhů. Jsou v ní zobrazeny ujeté kilometry, počet zákazníků, počet přepravek, čas strávený na cestě, průměrnou spotřebu pohonných hmot na kilometr jízdy a spotřebované pohonné hmoty na dané trase. Na konci tabulky jsou součty jednotlivých položek. Tyto hodnoty budou po vypracování nového návrhu okružních jízd srovnány a interpretovány.

Tabulka č. 8: Původní řešení tras

Původní řešení							
Vozidlo	TRASA	Ujeté km	Počet zákazníků	Počet přepravek	Čas	Průměrná spotřeba pohonných hmot na 100 km	Spotřeba pohonných hmot
1	0-27-26-25-24-22-28-11-6-8-7-5-4-9-10-23-0	176,45	15	142	6h 14m	13,5l	23,82l
2	0-44-14-13-15-12-2-1-20-21-19-18-17-16-3-0	163	14	189	5h 36m	13,5l	22l
3	0-42-40-41-32-34-33-45-30-29-43-37-38-46-31-36-35-39-0	84	17	172	5h 33m	13,5l	11,34l
Součet		**432,45**	**46**	**503**	**17h 23m**	**13,5l**	**57,16l**

Zdroj: Vlastní

4.3 Nové řešení

V této kapitole budou stanoveny nové rozvozní trasy pro společnost Pekárny Vodička. Jako vhodné metody pro řešení okružního dopravního problému jsem na základě výše uvedené teorie zvolil Clarke-Wrightovu metodou a Mayerovu metodu. Metody jsem zvolil pro jejich rychlost, relativní nenáročnost na zpracování a z důvodu, že k výpočtu pomocí výše uvedených metody jsou dostupné veškeré údaje.

V následujících odstavcích budou uvedeny všechny potřebné údaje, které je nutné znát ke stanovení tras pomocí Clarke-Wrightovi a Mayerovi metody.

Pro **Clarke-Wrightovu metodu** je třeba stanovit:

- matici vzdáleností
- matici doby jízdy
- matici výhodnostních koeficientů
- omezující podmínky

Pro **Mayerovu metodu** je třeba stanovit:

- matici vzdáleností
- matici doby jízdy
- omezující podmínky

4.3.1 Matice vzdáleností

Pro výpočet Clarke-Wrightovou a Mayerovou metodou je nejprve třeba stanovit matici vzdáleností. Matice vzdáleností je definována vzdáleností mezi všemi dvojicemi uzlů, která je tvořena centrálním místem, kde všechny okružní jízdy začínají a končí a 46 odběrovými místy, které jsou uvedeny v tabulce č. 4. Matice vzdáleností byla vytvořena pomocí veřejně dostupných Google maps. Google maps nabízejí jako řešení nejrychlejší a nejkratší trasu. Pro další výpočty jsem použil cestu nejkratší. Důvodem tohoto rozhodnutí bylo, že ve výpočtu nám jde o nalezení nejkratší cesty obchodního cestujícího a to, že Google maps pro výpočet trasy počítají s možným provozem. Vzhledem k tomu, že vozidla pekáren jezdí pouze v noci, neuvažuji jakékoliv zdržení z důvodu zvýšené dopravní situace.

Takovým postupem vznikla nesymetrická matice vzdáleností. Vzhledem k tomu, že rozdíl délek tras nad a pod hlavní diagonálou činí pouze 0,1 procenta lze tyto rozdíly pokládat za zanedbatelné. Nesymetrickou matici jsem převedl na symetrickou. Aritmetickým průměrem vzdáleností z místa A do místa B a z místa B do místa A byl proveden převod z asymetrické matice na symetrickou. Obě matice, jak symetrická tak asymetrická je uvedena vzhledem ke své velikosti 47 X 47 polí v příloze této práce.

4.3.2 Matice doby jízdy

Stejný postup jako u matice vzdáleností jsem aplikoval na matici doby jízdy. Pomocí Google maps byla definována doba jízdy mezi každou dvojicí uzlů. Vzhledem k tomu, že Google maps u delších vzdáleností neukazuje přesný čas, ale rozsah času potřebný k ujetí dané vzdálenosti byla zvolena střední hodnota doby jízdy a zaokrouhlena za 30 sekund. Takto vznikla nesymetrická matice doby jízdy mezi jednotlivými uzly. Rozdíl mezi dobou jízdy z místa A do místa B činí v průměru 1,5 procenta. Z tohoto důvodu můžeme asymetrickou matici opět převést na matici symetrickou. Obě matice jsou opět uvedeny v příloze této práce.

4.3.3 Matice výhodnostních koeficientů

Klíčovou součástí algoritmu výpočtu pomocí Clarke-Wrightovi metody je sestavení matice výhodnostních koeficientů. Matici výhodnostních koeficientů sestavíme ze symetrické matice vzdáleností podle vzorce $zij = d0i + d0j – dij$. Výhodnostní koeficienty vyjadřují, jaká úspora vznikne sdružením dvou tras do jedné. Jinými slovy, jaká vzdálenost se uspoří, pokud trasa nepovede k i-tému zákazníkovi a zpět a k j-tému zákazníkovi a zpět, ale povede z centrály přes i-tého a j-tého zákazníka zpět do centrály. Matice výhodnostních koeficientů je uvedena v příloze vzhledem ke svému rozsahu.

***Tabulka č. 9**: Příklad výpočtu výhodnostního koeficientu*

$Z_{34,42}$
$z_{34,42} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij} = 24{,}9$ km

Zdroj: Vlastní

4.3.4 Omezující podmínky

Vytvoření nového řešení okružních jízd pro společnost Pekárny Vodička obsahuje omezující podmínky, které je třeba při sestavování nových tras dodržet.

Omezující podmínky jsou:

- kapacita vozidla
- pracovní doba zaměstnanců
- počet vozidel

Pekárna používá pro pravidelný rozvoz pekárenských výrobků 3 vozidla VW Crafter. Základní údaje o vozidle jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10: Parametry vozidla

Typ vozidla	Kapacita přepravek [ks]	Spotřeba na 100km [l]
VW Crafter	200	13,5

Zdroj: Vlastní

Zaměstnanci, kteří jsou určeni, jako řidiči vozidel pracují v 8 hodinové pracovní době. Na rozvoz mají vyčleněno 6 hodin.

4.3.5 Sestavení okružních jízd Clarke-Wrightovou metodou

Pro výpočet Clarke-Wrightovou metodou je nejprve potřeba převést výhodnostní koeficienty z maticového zobrazení do sloupcové podoby. Seřazení výhodnostních koeficientů sestupně od nejvýhodnějšímu k nejméně výhodnému, to znamená, od nejvyššího k nejnižšímu. Seřazení pomocí tabulkového procesoru MS Office Excel usnadní hledání nejvyššího výhodnostního koeficientu. U pořadí výhodnostních koeficientů je potřeba zapsat i řádek a sloupec ve kterém se výhodnostní koeficient nachází. Takto seřazené hodnoty jsou uvedeny v tabulce výhodnostních koeficientů a vzhledem k rozsahu je uvedena v příloze této práce.

Počátečním elementárním řešením je soustava tras z centrály do každého odběrového mísa a zpět. V tomto řešení jsou zahrnuta i doba přepravy a počet přepravek, které je potřeba doručit. Toto řešení se budeme pomocí Clarke-Wrightovi metody zlepšovat. V tabulce č. 11, jsou tato řešení uvedena. V prvním sloupci je pořadové číslo uzlu, ve druhém délka trasy v kilometrech, ve třetím čas potřebný k obsluze daného místa a v posledním počet přepravených přepravek.

__Tabulka č. 11__: Elementární trasy

Elementární trasy	Vzdálenost [km]	Množství přepravek [ks]	Elementární trasy	Vzdálenost [km]	Množství přepravek [ks]
0 – 1 - 0	143,2	14	0 – 24 - 0	126,9	10
0 – 2 - 0	145,3	8	0 – 25 - 0	125	11
0 – 3 - 0	124,6	11	0 – 26 - 0	126,2	13
0 – 4 - 0	134,8	6	0 – 27 - 0	143,8	18
0 – 5 - 0	124,4	8	0 – 28 - 0	135,4	9
0 – 6 - 0	129,9	15	0 – 29 - 0	6,2	7
0 – 7 - 0	126,6	5	0 – 30 - 0	4,7	9
0 – 8 - 0	126,8	7	0 – 31 - 0	14	8
0 – 9 - 0	121,5	7	0 – 32 - 0	2,9	14
0 – 10 - 0	122	5	0 – 33 - 0	17	11
0 – 11 - 0	133,4	6	0 – 34 - 0	35,9	8
0 – 12 - 0	142,2	68	0 – 35 - 0	11,8	4
0 – 13 - 0	126,1	15	0 – 36 - 0	9,9	8
0 – 14 - 0	118,2	7	0 – 37 - 0	5,8	24
0 – 15 - 0	121,5	4	0 – 38 - 0	5	9
0 – 16 - 0	129,9	10	0 – 39 - 0	3,9	29
0 – 17 - 0	131,3	9	0 – 40 - 0	2,9	8
0 – 18 - 0	131,5	8	0 – 41 - 0	4,1	5
0 – 19 - 0	127,2	12	0 – 42 - 0	17,4	4
0 – 20 - 0	140,6	7	0 – 43 - 0	5,3	5
0 – 21 - 0	131,5	9	0 – 44 - 0	64,9	7
0 – 22 - 0	132	12	0 – 45 - 0	3,8	8
0 – 23 - 0	122,8	10	0 – 46 - 0	4,3	11

Zdroj: Vlastní

4.3.5.1 Postup výpočtu

Nyní máme všechny potřebné podklady a údaje pro výpočet okružních tras CW metodou. V následujících části bude uveden výpočet 1. trasy a nakonec shrnut do tabulky. První trasa bude spočítána celá, u dalších dvou tras bude uveden začátek výpočtu a zbytek, uveden v tabulce.

1. **Iterace**

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme max z_{ij}. To je v našem případě $z_{12,2}$ a sdružíme trasy (0 – 12 – 0) a (0 – 2 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 12 – 2 – 0 je 146,65km. Celkový čas včetně vyložení 76 přepravek je 140 minut a 30 sekund. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

2. Iterace

Druhý nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{2,1}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 1. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 1 – 2 – 12 – 0. Délka této trasy je 149,95km. Počet přepravených přepravek je 90 a celková doba jízdy 159 minut a 30 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 2, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 2 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

3. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{1,2}$. Trasu 1 – 2 nelze zařadit, protože nově vzniklá tras by uzavřela okruh. Takové řešení je nepřípustné. Proto zvolíme další nejvyšší hodnotu v tabulce výhodnostních koeficientů. Tou je hodnota $z_{1,20}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 2. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 20 – 1 – 2 – 12 – 0. Délka této trasy je 153,65km. Počet přepravených přepravek je 97 a celková doba jízdy 176 minut a 30 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 1, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 1 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

4. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{20,28}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 3. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 0. Délka této trasy je 153,9km. Počet přepravených přepravek je 106 a celková doba jízdy 191 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 20, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 20 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

5. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{12,18}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 4. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18- 0. Délka této trasy je 154,45km. Počet přepravených přepravek je 114 a celková doba jízdy 212 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 12, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 12 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

6. Iterace

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme další nejvyšší výhodnostní koeficient. To je v našem případě $z_{11,21}$ a sdružíme trasy (0 – 11 – 0) a (0 – 21 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 11 – 21 – 0 je 134,3km. Celkový čas včetně vyložení 15 přepravek je 141 minut. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

7. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{11,4}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 6. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 4 – 11 – 21 – 0. Délka této trasy je 138,85km. Počet přepravených přepravek je 21 a celková doba jízdy 162 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 11, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 11 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

8. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{4,16}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 7. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 16 – 4 – 11 – 21 – 0. Délka této trasy je 136,25km. Počet přepravených přepravek je 31 a celková doba jízdy 129 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 4, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 4 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

9. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{17,18}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 5. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18 – 17 - 0. Délka této trasy je 155,7km. Počet přepravených přepravek je 123 a celková doba jízdy 227 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 18, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 18 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

10. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{16,17}$. Dojde ke spojení tras sdružených v 8. a 9. a vznikne nová trasa 0 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18 – 17 – 16 – 4 – 11 – 21 - 0. Délka této trasy je 164,6km. Počet přepravených přepravek je 154 a celková doba jízdy 297 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 16 a 17, protože tyto uzly přestaly být krajními uzly. Zařazením uzlu 16 a 17 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

11. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{1,12}$. Trasu 1 – 12 nelze zařadit, protože nově vzniklá tras by uzavřela okruh. Takové řešení je nepřípustné. Proto zvolíme další nejvyšší hodnotu v tabulce výhodnostních koeficientů. Tou je hodnota $z_{6,21}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 6. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18 – 17 – 16 – 4 – 11 – 21 – 6 - 0. Délka této trasy je 165,75km. Počet přepravených přepravek je 169 a celková doba jízdy 312 minut a 30 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 21, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 21 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

12. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{22,28}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou v 5. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 22 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18 – 17 – 16 – 4 – 11 – 21 – 6 - 0. Délka této trasy je 169,35km. Počet přepravených přepravek je 181 a celková doba jízdy 335 minut a 20 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 28, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 28 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

13. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{22,24}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou ve 12. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 24 – 22 – 28 – 20 – 1 – 2 – 12 – 18 – 17 – 16 – 4 – 11 – 21 – 6 - 0. Délka této trasy je 168km. Počet přepravených přepravek je 191 a celková doba jízdy 350 minut a 33 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 6, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Dále vyřadíme uzly 22 a 24 protože jsou zařazeny do trasy, která je již ukončena. Výpočet 1. trasy končí 13. iterací. Každé další zařazení odběrového místa by vytvořilo nepřípustné řešení.

Všechny iterace 1. trasy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 12. Tabulka obsahuje:

- **Iterace** – její pořadí
- **Zij** – v iteraci použitá hodnota výhodnostního koeficientu
- **Trasa** – uzly trasy
- **Nová** trasa – ukazuje nově vzniklé družené trasy. Každá trasa začíná a končí uzlem 0. V postupném výpočtu jsou již vzniklé trasy spojovány do tras společných.
- **Vzdálenost** – udává se v km a udává vzdálenost nově vzniklé trasy sružením příslušných uzlů
- **Počet zákazníků** – udává počet zákazníků, které obchodní cestující na nově vzniklé trase obslouží. Doba strávená u každého zákazníka trvá 10 minut.
- **Čas u zákazníků** – počet zákazníků vynásobený průměrným časem stráveným u zákazníků
- **Celkový čas** – udává se v hodinách. Do hodnoty čas je započtena doba, kterou stráví na cestě, vypočtena jako rychlost/vzdálenost. K času je dále připočten čas strávený u zákazníků na vzniklé trase.
- **Přepravky** – udává počet přepravek, které je potřeba přepravit na nově vzniklé trase
- **Vyjmuté uzly** – uzly, které postupně vyřadíme, protože se buď staly vnitřními uzly již vzniklé trasy, nebo krajními uzly uzavřené trasy.

Tabulka č. 12: Postup výpočtu 1. trasy Clarke–Wrightovou metodou

It	Zij	Trasa	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky	Vyjmuté uzly
1	140,9	12, 2	0 - 2 - 12 - 0	146,65	120,5	20	140,5	76	
2	139,9	2, 1	0 - 1 - 2 - 12 - 0	149,95	129,5	30	159,5	90	2
3	136,9	1, 20	0 - 20 - 1 - 2 - 12 - 0	153,65	136,5	40	176,5	97	1
4	135,2	20, 28	0 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 0	153,9	141	50	191	106	20
5	131	12, 18	0 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 0	154,45	152	60	212	114	12
6	130,7	11, 21	0 - 11 - 21 - 0	134,3	121	20	141	15	
7	130,3	11, 4	0 - 4 - 11 - 21 - 0	138,85	132	30	162	21	11
8	130,15	4, 16	0 - 16 - 4 - 11 - 21 - 0	136,25	129	40	169	31	4
9	130,05	17, 18	0 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 17 - 0	155,7	157	70	227	123	18
10	129,65	16, 17	0 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 17 - 16 - 4 - 11 - 21 - 0	164,6	187	110	297	154	16, 17
11	128,75	6, 21	0 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 17 - 16 - 4 - 11 - 21 - 6 - 0	165,75	192,5	120	312,5	169	21
12	128,4	22, 28	0 - 22 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 17 - 16 - 4 - 11 - 21 - 6 - 0	169,35	205,3	130	335,3	181	28
13	128,3	22, 24	0 - 24 - 22 - 28 - 20 - 1 - 2 - 12 - 18 - 17 - 16 - 4 - 11 - 21 - 6 - 0	168	210,55	140	350,55	191	6, 22, 24

Zdroj: Vlastní

Výpočet 2. trasy pokračuje 14. iterací.

14. Iterace

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme další nejvyšší výhodnostní koeficient. To je v našem případě $z_{7,8}$ a sdružíme trasy (0 – 7 – 0) a (0 – 8 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 7 – 8 – 0 je 128,1km. Celkový čas včetně vyložení 12 přepravek je 138 minut. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

15. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{7,19}$. Nově sdružená trasa se spojí s trasou sdruženou ve 14. iteraci a vznikne nová trasa 0 – 19 – 7 – 8 – 0. Délka této trasy je 130,45km. Počet přepravených přepravek je 24 a celková doba jízdy 154 minut. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 7, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 7 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

16. Iterace

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme další nejvyšší výhodnostní koeficient. To je v našem případě $z_{3,5}$ a sdružíme trasy (0 – 3 – 0) a (0 – 5 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 3 – 5 – 0 je 125,2km. Celkový čas včetně vyložení 19 přepravek je 135 minut. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

17. Iterace

Další nejvyšší hodnota v tabulce výhodnostních koeficientů je $z_{3,19}$. Tím se sdruží trasy z 15. a 16. Iterace a vznikne nová trasa 0 – 5 – 3 – 19 – 7 – 8 – 0. Délka této trasy je 132,3km. Počet přepravených přepravek je 43 a celková doba jízdy 181 minut a 30 sekund. Takto sdružená trasa je přípustná. Dále vyjmeme z dalších výpočtu uzel číslo 7, protože tento uzel přestal být uzlem krajním. Zařazením uzlu 7 by dále vytvořilo nepřípustné řešení.

Všechny iterace 2. trasy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 13.

Tabulka č. 13: Postup výpočtu 2. trasy Clarke–Wrightovou metodou

It	Zij	Trasa	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky	Vyjmuté uzly
14	125,3	7, 8	0 - 7 - 8 - 0	128,1	118	20	138	12	
15	124,85	7, 19	0 - 19 - 7 - 8 - 0	130,45	124	30	154	24	7
16	123,8	3, 5	0 - 3 - 5 - 0	125,2	115	20	135	19	
17	123,35	3, 19	0 - 5 - 3 - 19 - 7 - 8 - 0	132,3	131,5	50	181,5	43	3, 19
18	122,75	13, 15	0 - 13 - 15 - 0	124,95	104,5	20	124,5	19	
19	122,4	25, 26	0 - 25 - 26 - 0	128,8	117	20	137	24	
20	122,2	8, 13	0 - 5 - 3 - 19 - 7 - 8 - 13 - 15 - 0	135	137	70	207	62	8, 13
21	121,9	26, 27	0 - 25 - 26 - 27 - 0	150,7	137,5	30	167,5	42	26
22	121,75	10, 23	0 - 10 - 23 - 0	123,05	109	20	129	15	
23	120,89	5, 9	0 - 9 - 5 - 3 - 19 - 7 - 8 - 13 - 15 - 0	135,7	141,75	80	221,75	69	5
24	120,35	23, 25	0 - 10 - 23 - 25 - 26 - 27 - 0	153,4	147	50	197	57	23, 25
25	120,1	9, 10	0 - 15 - 13- 8 - 7 - 19 - 3 - 5 - 9 - 10 - 23 - 25 - 26 - 27 - 0	168,95	190,75	130	320,75	126	9, 10
26	115,45	14, 15	0 - 14 - 15 - 13- 8 - 7 - 19 - 3 - 5 - 9 - 10 - 23 - 25 - 26 - 27 - 0	171,65	198,5	140	338,5	133	15
27	62,85	14, 44	0 - 44 - 14 - 15 - 13- 8 - 7 - 19 - 3 - 5 - 9 - 10 - 23 - 25 - 26 - 27 - 0	173,75	204,5	150	354,5	140	14, 27, 44

Zdroj: Vlastní

Výpočet 2. trasy končí 27. iterací. Každé další zařazení odběrového místa by vytvořilo nepřípustné řešení, protože nově vzniklá trasa: 0 - 44 - 14 - 15 - 13- 8 - 7 - 19 - 3 - 5 - 9 - 10 - 23 - 25 - 26 - 27 - 0 zabere vozidlu čas 354 minut a 30 sekund. Z dalšího výpočtu vyřadíme uzly 27 a 44.

Výpočet 3. trasy pokračuje 28. iterací.

28. Iterace

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme další nejvyšší výhodnostní koeficient. To je v našem případě $z_{33,34}$ a sdružíme trasy (0 – 33 – 0) a (0 – 34 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 33 – 34 – 0 je 35,9km. Celkový čas včetně vyložení 19 přepravek je 62 minut. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

29. Iterace

Z tabulky výhodnostních koeficientů vybereme další nejvyšší výhodnostní koeficient. To je v našem případě $z_{31,42}$ a sdružíme trasy (0 – 31 – 0) a (0 – 42 – 0). U takto sdružené trasy zkontrolujeme přípustnost. Zjistíme, že délka trasy 0 – 31 – 42 – 0 je 23,3km. Celkový čas včetně vyložení 12 přepravek je 92 minut a 30 sekund. Nová trasa nepřekračuje přípustné hodnoty ani času (360 minut) ani kapacitu vozidla (200 přepravek). Z toho plyne, že nově vytvořená trasa je přípustná.

Všechny iterace 3. trasy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 14.

***Tabulka č. 14**: Postup výpočtu 3. trasy Clarke–Wrightovou metodou*

It	Zij	Trasa	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky	Vyjmuté uzly
28	17,05	33, 34	0 - 33 - 34 - 0	35,9	42	20	62	19	
29	8,1	31, 42	0 -31 - 42 - 0	23,3	72,5	20	92,5	12	
30	6,05	35, 36	0 -35 - 36 - 0	15,65	16	20	36	12	
31	5,9	29, 35	0 - 29 - 35 - 36 - 0	15,95	32	30	62	19	35
32	5,5	29, 43	0 - 43 - 29 - 35 - 36 - 0	15,75	31	40	71	24	29
33	5,05	36, 37	0 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 0	16,5	35	50	85	48	36
34	4,8	37, 38	0 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 0	16,7	37	60	97	57	37
35	4,2	30, 43	0 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 0	17,2	38,5	70	108,5	66	43
36	4,15	38, 46	0 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 0	17,35	39	80	119	77	38
37	3,95	34, 41	0 - 33 - 34 - 41 - 0	36,05	44	30	74	24	34
38	3,2	31, 46	0 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	37,45	102,5	100	202,5	89	31, 46
39	3,15	30, 33	0 - 41 - 34 - 33 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	70,35	136,5	130	266,5	113	30, 33
40	2,8	41, 45	0 - 45 - 41 - 34 - 33 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	71,35	138,5	140	278,5	121	41
41	2,1	40, 45	0 - 40 - 45 - 41 - 34 - 33 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	72,15	142,5	150	292,5	129	45
42	1,6	32, 40	0 - 32 - 40 - 45 - 41 - 34 - 33 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	73,45	148,5	160	308,5	143	40
43	0,4	39, 32	0 - 39 - 32 - 40 - 45 - 41 - 34 - 33 - 30 - 43 - 29 - 35 - 36 - 37 - 38 - 46 - 31 - 42 - 0	76,95	154	170	324	172	

Zdroj: Vlastní

Výpočet 3. trasy končí 43. Iterací protože všechna odběrová místa jsou obsloužena.

Clarke-Wrightovou metodou byla vytvořeno řešení, které rozdělilo zákazníky do třech okruhů. První a druhý okruh bude obsluhovat zákazníky v Praze a okolí a třetí okruh zákazníky v Příbrami a okolí. Jednotlivé okruhy jsou přehledně zobrazeny v tabulkách č. 15, č. 16 a č. 17.

V tabulce č. 14 jsou zobrazeny údaje Trasy č. 1. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 167 km a 900 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 51 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 191 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 15*: Trasa č.1 – Clarke–Wrightovou metodou*

Trasa 1 – Clarke-Wrightova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
24	0	10	63,45	55
22	24	12	1,15	6,25
28	22	9	5,3	11,75
20	28	7	2,85	5,5
1	20	14	5	11
2	1	8	4,4	9
12	2	68	2,85	4,5
18	12	8	5,85	11
17	18	9	1,35	5
16	17	10	0,95	4,5
4	16	6	2,2	5,5
11	4	6	3,85	10,75
21	11	9	1,8	7
6	21	15	1,95	7,5
0	6	---	64,95	56,25
	Celkem	**191**	**167,9**	**350,5**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 16 jsou zobrazeny údaje Trasy č. 2. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 173 km a 700 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 54 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 140 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 16*: Trasa č.2 – Clark – Wrightovou metodou*

Trasa 2 - Clarke-Wrightova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
44	0	7	32,45	29
14	44	7	28,7	26
15	14	4	4,4	9,75
13	15	15	1,05	2,5
8	13	7	4,25	8
7	8	5	1,4	4
19	7	12	2,05	6
3	19	11	2,55	6,5
5	3	8	0,7	3
9	5	7	2,1	6,75
10	9	5	1,65	6
23	10	10	0,65	4
25	23	11	3,55	10,5
26	25	13	3,2	9
27	26	18	13,1	19,5
0	27	---	71,9	53,75
	Celkem	**140**	**173,7**	**354,25**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 17 jsou zobrazeny údaje Trasy č. 3. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Příbrami a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 76 km a 900 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 24 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 172 přepravek s pečivem.

***Tabulka č. 17**: Trasa č.3 – Clarke–Wrightovou metodou*

Trasa 3 - Clarke-Wrightova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
39	0	29	1,95	4,5
32	39	14	3	6,5
40	32	8	1,3	5
45	40	8	1,25	4
41	45	5	1,15	2,5
34	41	8	16,05	16
33	34	11	9,4	10
30	33	9	7,7	8,5
43	30	5	0,8	3,5
29	43	7	0,25	1,5
35	29	4	3,1	6
36	35	8	4,8	7
37	36	24	2,8	4,5
38	37	9	0,6	3,5
46	38	11	0,5	2,5
31	46	8	5,95	8
42	31	4	7,6	29,5
0	42	---	8,7	31
	Celkem	**172**	**76,9**	**324**

Zdroj: Vlastní

Tabulka č. 18 přehledně ukazuje součet všech tří okruhů. Jsou v ní zobrazeny ujeté kilometry, počet zákazníků, počet přepravek, čas strávený na cestě, průměrnou spotřebu pohonných hmot na kilometr jízdy a spotřebované pohonné hmoty na dané trase. Na konci tabulky jsou součty jednotlivých položek. Tyto hodnoty budou srovnány s původním řešením a výsledky budou ekonomicky interpretovány.

***Tabulka č. 18**: Nové řešení: Clarke–Wrightovou metodou*

Nové řešení – Clarke-Wrightova metoda							
Vozidlo	TRASA	Ujeté km	Počet zákazníků	Počet přepravek	Čas	Průměrná spotřeba pohonných hmot na 100 km	Spotřeba pohonných hmot na trase
1	0-24-22-28-20-1-2-12-18-17-16-4-11-21-6-0	167,9	14	191	5h 51m	13,5l	22,66l
2	0-44-14-15-13-8-7-19-3-5-9-10-23-25-26-27-0	173,7	15	140	5h 54m	13,5l	23,45l
3	0-39-32-40-45-41-34-33-30-43-29-35-36-37-38-46-31-42-0	76,9	17	172	5h 24m	13,5l	10,38l
Součet		**418,5**	**46**	**503**	**17h 9m**	**13,5l**	**56,49l**

Zdroj: Vlastní

4.3.6 Sestavení okružních jízd Mayerovou metodou

Sestavení okružních jízd Mayerovou metodou probíhá tak, že se do trasy zařadí místo nejvzdálenější od centrálního místa. K tomuto místu se zařadí místo s k němu nejbližší. Stejný postupem se k dané trase přiřazují další místa tak, aby nebyla překročena kapacita vozidla a aby nebyla překročena pracovní doba vyčleněná pro rozvoz zboží. Místa jsou přidávána, dokud se výše uvedené parametry nepřekročí. Další okruh se opět tvoří tak, že se vybere nejvzdálenější místo od centrálního místa a k němu přiřadí místo nejbližší. Další postup se opakuje jako v případě okruhu prvního. Výpočet končí v momentě, kdy jsou obsloužena všechna místa.

4.3.6.1 Postup výpočtu

Pro výpočet okružních dopravních tras Mayerovou metodou budou použity symetrická matice vzdáleností a symetrická matice doby jízdy, které jsou uvedeny v příloze této práce. Symetrické matice budou použity z důvodu, že Mayerova metoda nepočítá s nesymetrickou maticí doby jízdy a ni nesymetrickou maticí vzdáleností.

Dále budou pro výpočet použita tabulka č. 4, která uvádí, kolik je třeba kterému odběrateli přepravit přepravek s pečivem. Zastávka u jednotlivých odběratelů zůstává stanovena na 10 minutách, stejně jako při výpočtu Clarke-Wrightovou metodou.

1. **krok**

Od centrálního místa (pekárny) najdeme podle tabulky vzdáleností nejvzdálenější místo. Nejvzdálenější místo je místo č. 2, vzdálené 72,7 km. Tím vznikne nová trasa 0 – 2 – 0. Vozidlo na této trase ujede 145,4 km. Dle tabulky vzdáleností stráví na trase 130 minut a přepraví 8 přepravek.

2. **krok**

Od místa č. 2 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 12, vzdálené 2,85 km. Vznikne nová trasa 0 – 2 – 12 – 0. Vodidlo na této trase ujede 146,65 km. Na trase stráví 140 minut a 48 sekund. Dále vozidlo přepraví 76 přepravek.

3. **krok**

Od místa č. 12 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 19, vzdálené 5,2 km. Vznikne nová trasa 0 – 2 – 12 – 19 - 0. Vodidlo na této trase ujede 144,35 km. Na trase stráví 160 minut a 15 sekund. Dále vozidlo přepraví 88 přepravek.

4. **krok**

Od místa č. 19 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 18, vzdálené 0,75 km. Vznikne nová trasa 0 – 2 – 12 – 19 – 18 - 0. Vodidlo na této trase ujede 147,3 km. Na trase stráví 171 minut a 45 sekund. Dále vozidlo přepraví 96 přepravek.

Všechny kroky 1. trasy jsou pro přehlednost uveden v tabulce č. 19. Tabulka obsahuje:

- **Krok** – pořadí
- **Trasa** – uzly trasy
- **Délka trasy** – vzdálenost mezi uzly
- **Nová trasa** – ukazuje nově vzniklé družené trasy. Každá trasa začíná a končí uzlem 0.
- **Vzdálenost** – udává se v km a udává vzdálenost nově vzniklé trasy sdružením příslušných uzlů
- **Čas jízdy** – udává se minutách a udává čas nově vzniklé trasy sdružením příslušných uzlů

- **Čas u zákazníků** – počet zákazníků vynásobený průměrným časem stráveným u zákazníků
- **Celkový čas** – udává se v minutách. Do hodnoty čas je započtena doba, kterou stráví na cestě. K času je dále připočten čas strávený u zákazníků na vzniklé trase.
- **Přepravky** – udává počet přepravek, které je potřeba přepravit na nově vzniklé trase

Tabulka č. 19*: Postup výpočtu 1. trasy Mayerovou metodou*

Krok	Trasa	Délka trasy	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky
1	0 - 2	72,7	0 - 2 - 0	145,4	120	10	130	8
2	2 - 12	2,85	0 – 2 – 12 - 0	146,65	120,8	20	140,8	76
3	12 - 19	5,2	0 – 2 – 12 – 19 - 0	144,35	130,25	30	160,25	88
4	19 - 18	0,75	0 – 2 – 12 – 19 – 18 - 0	147,3	131,75	40	171,75	96
5	18 - 17	1,35	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 - 0	148,55	137,05	50	187,05	105
6	17 - 16	0,95	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 - 0	148,8	140,25	60	200,25	115
7	16 - 3	0,9	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 - 0	147	144	70	214	126
8	3 - 5	0,7	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 - 0	147,6	147,05	80	227	134
9	5 - 4	1,45	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 - 0	154,25	152,55	90	242,55	140
10	4 - 9	2,2	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 - 0	149,85	156,8	100	256,8	147
11	9 - 10	1,65	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 - 0	151,7	159	110	269	152
12	10 - 23	0,65	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 – 23 - 0	152,75	168	120	288	162
13	23 - 22	1,55	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 – 23 – 22 - 0	158,9	178,3	130	308	174
14	22 - 24	1,15	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 – 23 – 22 – 24 - 0	157,55	183,25	140	323,25	184
15	24 - 25	2,35	0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 – 23 – 22 – 24 – 25 - 0	158,9	189,25	150	339,25	195

Zdroj: Vlastní

Výpočet 1. trasy končí 15. krokem. Každé další zařazení odběrového místa by vytvořilo nepřípustné řešení, protože na nově vzniklé trase 0 – 2 – 12 – 19 – 18 – 17 – 16 – 3 – 5 – 4 – 9 – 10 – 23 – 22 – 24 – 25 – 0 se přepraví 195 přepravek s pečivem. Zařazením jakéhokoliv odběrového místa, které požaduje 5 a méně přepravek by vznikla nepřípustná trasa, která by byla časově náročnější, než je stanovených 6 hodin pro rozvoz.

Výpočet 2. trasy pokračuje 16. krokem.

16. krok

Od centrálního místa (pekárny) najdeme podle tabulky vzdáleností nejvzdálenější místo. Nejvzdálenější místo je místo č. 27, vzdálené 71,9 km. Tím vznikne nová trasa 0 – 27 – 0. Vozidlo na této trase ujede 143,8 km. Dle tabulky vzdáleností stráví na trase 118 minut a přepraví 18 přepravek.

17. krok

Od místa č. 27 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 26, vzdálené 13,1 km. Vznikne nová trasa 0 – 27 – 26 – 0. Vodidlo na této trase ujede 148,1 km. Na trase stráví 146 minut a 30 sekund. Dále vozidlo přepraví 31 přepravek.

18. krok

Od místa č. 26 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 14, vzdálené 5,25 km. Vznikne nová trasa 0 – 27 – 26 – 14 - 0. Vodidlo na této trase ujede 149,35 km. Na trase stráví 162 minut. Dále vozidlo přepraví 38 přepravek.

19. krok

Od místa č. 14 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 13, vzdálené 4,05 km. Vznikne nová trasa 0 – 27 – 26 – 14 - 13 - 0. Vodidlo na této trase ujede 157,4 km. Na trase stráví 182 minut a 30 sekund. Dále vozidlo přepraví 53 přepravek.

Všechny iterace 2. trasy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 20.

Tabulka č. 20: *Postup výpočtu 2. trasy Mayerovou metodou*

Krok	Trasa	Délka trasy	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky
16	0 – 27	71,9	0 – 27 – 0	143,8	108	10	118	18
17	27 – 26	13,1	0 – 27 – 26 - 0	148,1	126,5	20	146,5	31
18	26 – 14	5,25	0 – 27 – 26 – 14 - 0	149,35	132	30	162	38
19	14 – 13	4,05	0 – 27 – 26 – 14 – 13 - 0	157,4	142,5	40	182,5	53
20	13 – 15	1,05	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 - 0	156,15	145	50	195	57
21	15 – 8	4,85	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 - 0	163,6	159,25	60	219,25	64
22	8 – 7	1,4	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 - 0	164,9	165,25	70	235,25	69
23	7 – 21	1,55	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 - 0	168,95	169,5	80	249,5	78
24	21 – 11	1,8	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 - 0	171,65	173,5	90	263,5	84
25	11 – 6	1,55	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 - 0	171,5	179,75	100	279,75	99
26	6 – 28	4,25	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 – 28 - 0	178,45	189,05	110	299,05	108
27	28 – 20	2,85	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 – 28 – 20 - 0	183,9	195,55	120	315,55	115
28	20 – 1	5	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 – 28 – 20 – 1 - 0	190,2	210,55	130	340,55	129
29	1 - 44	41,3	0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 – 28 – 20 – 1 – 44 - 0	192,4	219,55	140	359,55	136

Zdroj: Vlastní

Výpočet 2. trasy končí 29. krokem. Každé další zařazení odběrového místa by vytvořilo nepřípustné řešení. Nově vzniklá trasa 0 – 27 – 26 – 14 – 13 – 15 – 8 – 7 – 21 – 11 – 6 – 28 – 20 – 1 – 44 – 0 zabere 5 hodin a 59 minut. Zařazením jakéhokoliv odběrového místa do trasy by doba rozvozu omezená šesti hodinami byla překročena

Výpočet 3. trasy pokračuje 30. krokem.

30. krok

Od centrálního místa (pekárny) najdeme podle tabulky vzdáleností nejvzdálenější místo. Nejvzdálenější místo je místo č. 34, vzdálené 18 km. Tím vznikne nová trasa 0 – 34 – 0. Vozidlo na této trase ujede 36 km. Dle tabulky vzdáleností stráví na trase 48 minut a přepraví 8 přepravek.

31. krok

Od místa č. 34 najdeme nejbližší místo. Nejbližší místo je místo č. 33, vzdálené 9,4 km. Vznikne nová trasa 0 – 34 – 33 – 0. Vodidlo na této trase ujede 35,9 km. Na trase stráví 62 minut. Dále vozidlo přepraví 19 přepravek.

Všechny iterace 2. trasy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 21.

***Tabulka č. 21**: Postup výpočtu 3. trasy Mayerovou metodou*

Krok	Trasa	Délka trasy	Nová trasa	Vzdálenost	Čas jízdy	Čas u zákazníků	Celkový čas	Přepravky
30	0 – 34	18	0 – 34 - 0	36	38	10	48	8
31	34 – 33	9,4	0 – 34 – 33 - 0	35,9	42	20	62	19
32	33 – 41	7,3	0 – 34 – 33 – 41 - 0	36,75	43	30	73	24
33	41 – 40	1,1	0 – 34 – 33 – 41 – 40 - 0	37,25	47	40	87	32
34	40 – 45	1,25	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 - 0	38,95	48,4	50	98,4	40
35	45 – 30	1,15	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 - 0	40,55	54,5	60	114,5	49
36	30 – 46	0,8	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 - 0	41,15	56	70	126	60
37	46 – 38	0,5	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 - 0	42	60,5	80	140,5	69
38	38 – 37	0,6	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 0	43	65,5	90	155,5	93
39	37 – 43	0,7	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 - 0	43,45	68,5	100	168,5	98
40	43 – 29	0,25	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 - 0	44,25	72,5	110	182,5	105
41	29 – 39	2,8	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 - 0	45,8	74,5	120	194,5	134
42	39 – 32	3	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 – 32 - 0	48,3	82	130	212	148
43	32 – 36	6	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 – 32 – 36 - 0	57,8	97,5	140	237,5	156
44	36 – 35	4,8	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 – 32 – 36 – 35 - 0	63,55	105,5	150	255,5	160
45	35 – 31	9,65	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 – 32 – 36 – 35 – 31 - 0	74,3	120,5	160	280,5	168
46	31 – 42	7,6	0 – 34 – 33 – 41 – 40 – 45 – 30 – 46 – 38 – 37 - 43 – 29 – 39 – 32 – 36 – 35 – 31 – 42 - 0	83,6	169	170	339	172

Zdroj: Vlastní

Výpočet 3. trasy končí 46. krokem protože všechna odběrová místa jsou obsloužena.

Mayerovou metodou byla vytvořeno řešení, které rozdělilo zákazníky do třech okruhů. První a druhý okruh bude obsluhovat zákazníky v Praze a okolí a třetí okruh zákazníky v Příbrami a okolí. Jednotlivé okruhy jsou přehledně zobrazeny v tabulkách č. 22, č. 23 a č. 24.

V tabulce č. 22 jsou zobrazeny údaje trasy č. 1. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 158 km a 900 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 39 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 195 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 22*: Trasa č.1 – Mayerovou metodou*

Trasa 1 – Mayerova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
2	0	8	72,7	60
12	2	68	2,85	4,5
19	12	12	5,2	8,25
18	19	8	0,75	3
17	18	9	1,35	5
16	17	10	0,95	4,5
3	16	11	0,9	2,5
5	3	8	0,7	3
4	5	6	1,45	5,5
9	4	7	2,2	6,75
10	9	5	1,65	6
23	10	10	0,65	4
22	23	12	1,55	9
24	22	10	1,15	6,25
25	24	11	2,35	6
0	25	---	62,5	55
	Celkem	**195**	**158,9**	**339,25**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 22 jsou zobrazeny údaje trasy č. 2. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Praze a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 192 km a 400 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 59 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 136 přepravek s pečivem.

***Tabulka č. 23**: Trasa č.2 – Mayerovou metodou*

Trasa 2 – Mayerova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
27	0	18	71,9	54
26	27	13	13,1	19,5
14	26	7	5,25	9,5
13	14	15	4,05	8,5
15	13	4	1,05	2,5
8	15	7	4,85	9,25
7	8	5	1,4	4
21	7	9	1,55	4,25
11	21	6	1,8	6
6	11	15	1,55	6,25
28	6	9	4,25	10,3
20	28	7	2,85	5,5
1	20	14	5	11
44	1	7	41,3	40
0	44	---	32,5	29
	Celkem	**136**	**192,4**	**359,55**

Zdroj: Vlastní

V tabulce č. 23 jsou zobrazeny údaje trasy č. 3. Tato trasa obsluhuje zákazníky v Příbrami a okolí. Vozidlo na této trase ujede vzdálenost 83 km a 600 metrů. Na trase stráví 5 hodin a 39 minut. Do tohoto času jsou započítány i jednotlivé zastávky u odběratelů, které činí v průměru 10 minut. Na této trase vozidlo rozveze z pekárny k odběratelům 172 přepravek s pečivem.

Tabulka č. 24: Trasa č.3 – Mayerovou metodou

Trasa 3 – Mayerova metoda				
Odběratel	Předchůdce	Počet přepravek [ks]	Vzdálenost [km]	Čas na trase [min]
34	0	8	18	19
33	34	11	9,4	10
41	33	5	7,3	9
40	41	8	1,1	4,5
45	40	8	1,25	4
30	45	9	1,15	2,5
46	30	11	0,8	2
38	46	9	0,5	2,5
37	38	24	0,6	3,5
43	37	5	0,7	4
29	43	7	0,25	1,5
39	29	29	2,8	7,5
32	39	14	3	6,5
36	32	8	6	12
35	36	4	4,8	7
31	35	8	9,65	13
42	31	4	7,6	29,5
0	42	---	8,7	31
	Celkem	**172**	**83,6**	**339**

Zdroj: Vlastní

Tabulka č. 24 přehledně ukazuje součet všech tří okruhů. Jsou v ní zobrazeny ujeté kilometry, počet zákazníků, počet přepravek, čas strávený na cestě, průměrnou spotřebu pohonných hmot na kilometr jízdy a spotřebované pohonné hmoty na dané trase. Na konci tabulky jsou součty jednotlivých položek. Tyto hodnoty budou srovnány s původním řešením a s řešením pomocí Clarke-Wrightovy metody a výsledky budou ekonomicky interpretovány.

***Tabulka č. 25**: Nové řešení: Mayerova metoda*

Nové řešení – Mayerova metoda							
Vozidlo	TRASA	Ujeté km	Počet zákazníků	Počet přepravek	Čas	Průměrná spotřeba pohonných hmot na 100 km	Spotřeba pohonných hmot na trase
1	0–2–12–19–18–17–16–3–5–4–9–10–23–22–24–25-0	158,9	15	195	5h 39m	13,5l	21,45l
2	0–27–26–14–13–15–8–7–21–11–6–28–20–1–44-0	192,4	14	136	5h 59m	13,5l	25,97l
3	0–34–33–41–40–45–30–46–38–37- 43–29–39–32–36–35–31–42-0	83,6	17	172	5h 39m	13,5l	11,29l
Součet		**434,9**	**46**	**503**	**17h 17m**	**13,5l**	**58,71l**

Zdroj: Vlastní

5 Interpretace výsledků

Správné pochopení interpretace výsledků je stěžejní pro využití metod v praxi. V této kapitole budou srovnány vzdálenosti a časy, palivové a mzdové náklady u původního řešení a řešení Clarke-Wrightovou a Mayerovou metodou.

5.1 Vzdálenosti a čas

Hlavním cílem výpočtu optimalizace dopravní trasy pro rozvoz zboží společnosti Pekárny Vodička je zajištění maximální úspory vzdálenosti a času při rozvozu zboží.

V tabulce č. 26 je zobrazen přehled souhrnu tras původního řešení, realizovaného společností Pekárny Vodička s.r.o. v současné době, a nové trasy navržené pomocí Clarke-Wrightovy a Mayerovy metody.

V tabulce jsou pak zobrazeny tyto údaje:

- vzdálenosti – kolik kilometrů je ujeto celkově při použití dané metody
- čas – kolik času stráví vozidla na cestě
- počet přepravených pekárenských přepravek

Tabulka č. 26: *Srovnání výsledků*

Metoda	Vzdálenost [km]	Čas [h a min]	Přepravky [ks]
Původní řešení	432,45	17 h 23 min	503
Clarke-Wrightova metoda	418,5	17 h 9 min	503
Mayerova metoda	434,9	17 h 17min	503

Zdroj: Vlastní

Z tabulky č. 26 vyplývá, že pomocí původního řešení a pomocí zvolených metod se podařilo přepravit všech 503 přepravek ve stanoveném časovém limitu 6 hodin při použití 3 rozvozových vozidel s kapacitou 200 přepravek. Nejlepších výsledků dosahuje Clarke-Wrightova metoda. Při použití výpočtu tras touto metodou obslouží pekárna všechny zákazníky při nejkratší vzdálenosti, a to 418 kilometrů a 500 metrů. Nejlepších výsledků dosahuje také nejkratším časem, kdy všechny zákazníky na všech trasách dohromady obslouží za 17 hodin a 9 minut.

5.2 Palivové náklady a vliv na životní prostředí

Vzhledem k dalším důvodům ředitele společnosti Pekárny Vodička se snaží firma snižovat výfukové zplodiny při rozvozu a přispívat ke zlepšení stavu životního prostředí. Z tohoto pohledu je zajímavé i porovnání úspory spotřeby paliva a opotřebení vozu.

Za použití Clark-Wrightovy metody 3 rozvozové vozy na svých trasách spotřebují při průměrné spotřebě 13,5 litru na 100 kilometrů 56,49 litru motorové nafty. Oproti původnímu řešení ušetří pekárna denně 0,67 litru nafty. Při současné průměrné ceně nafty29,19 Kč/l ušetří při použití nových rozvozních tras 19,55 Kč za den. Měsíčně tedy (20 pracovních dnů) ušetří 391 Kč. Náklady na palivo u jednotlivých variant zobrazuje tabulka č. 27.

Stejně jako v původním řešení rozvozních tras dochází i v novém řešení Clarke-Wrightovou a Mayerovou metodou dochází nerovnoměrnému nájezdu kilometrů u jednotlivých tras. Vozidlo, které obsluhuje zákazníky v Příbrami a okolí, ujede nepoměrně méně kilometrů za prakticky stejný čas. Výsledky jsou zobrazeny v tabulkách č. 18 a 25. Proto je důležité, aby se vozidla na trasách střídala a nedocházelo k rozdílnému nájezdu kilometrů u jednotlivých vozidel, a tím k nerovnoměrnému opotřebení vozového parku.

Vozový park, který společnost Pekárny Vodička aktuálně využívá je již ve stavu těsně před výměnou, protože nevyhovuje potřebám společnosti a dochází k častým opravám. Ředitel společnosti neposkytl aktuální hodnoty emisí ani technické průkazy vozů. V okamžiku kdy bude společnost investovat do nového vozového parku, a půjde jednoduše ověřit hodnoty emisí, bude možné vypočítat i optimalizaci uvolněných výfukových zplodin při změně trasy.

V tabulce jsou zobrazeny tyto údaje:

- vzdálenost - kolik kilometrů je ujeto celkově při použití dané metody
- spotřeba paliva v litrech
- cena paliva v korunách za jeden litr

Tabulka č. 27: Náklady na palivo

Metoda	Vzdálenost [km]	Spotřeba paliva [l]	Cena paliva [Kč/l]	Náklady na palivo [Kč]
Původní řešení	432,45	57,16	29,19	1 689
Clarke-Wrightova metoda	418,5	56,49	29,19	1649
Mayerova metoda	434,9	58,71	29,19	1714

Zdroj: Vlastní

5.3 Mzdové náklady

Vzhledem k výsledkům a k časové náročnosti (uvedeno v odstavci 5.1) je mimo cíl práce ještě potřeba vyčíslit náklady na nevyužitý pracovní fond při optimalizaci rozvozové trasy. Pro tento příklad byl použit základní předpoklad měsíčního pracovního fondu ve výši 168 hodin.

Mzdové náklady jsou uvedeny v tabulce č. 28.

V tabulce jsou pak uvedeny tyto údaje:

- hrubá mzda – měsíční výše mezd všech tří řidičů
- superhrubá mzda – hrubá mzda spolu s odvody zaměstnavatele za sociální a zdravotní pojištění
- mzdové náklady na hodinu – výpočet odvozen ze superhrubé mzdy při použití průměrného měsíčního fondu 168 hodin
- doba rozvozu v hodinách
- mzdové náklady na den rozvozu

Tabulka č. 28: Mzdové náklady

Metoda	Hrubá mzda [Kč]	Superhrubá mzda [Kč]	Mzdové náklady na hodinu [Kč]	Doba rozvozu [h]	Mzdové náklady na den rozvozu [Kč]
Původní řešení	79 800	106 932	212	17,38	3 684,5
Clark-Wrightova metoda	79 800	106 932	212	17,15	3 635,8
Mayerova metoda	79 800	106 932	212	17,28	3 663,8

Zdroj: Vlastní

Z tabulky č. 28 vyplývá, že mzdové náklady na uspořený čas při optimalizaci rozvozu činí dle výhodnější Clarke-Wrightovy metody celkem 48,70 Kč za den rozvozu, tedy 974 Kč za měsíc. Samozřejmě tento výpočet nelze interpretovat jako možnost snížení platu zaměstnancům, protože nevyužívají plně pracovní dobu, ale je potřeba ho brát jako možnost pro další rozvoj podnikání. Ze zadání je patrné, že nelze využít tyto prostředky a časovou úsporu pro případný závoz dalšího zákazníka na trase, protože u jednoho klienta stráví jeden řidič průměrně 10 minut a výpočet zkrácení času ukazuje na 14 minut pro všechny tři vozy za den. Je tudíž na řediteli společnosti, jak naloží s časem i finančními prostředky, které má díky výpočtu k dispozici.

6 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo pro společnost Pekárny Vodička s.r.o. navrhnout a doporučit optimální dopravní trasy pro rozvoz pekárenského zboží se zaměřením na náklady spojené s počtem ujetých kilometrů a s ohledem na rovnoměrné časové rozložení doby jízdy jednotlivých vozidel.

Práce vycházela z teoretických poznatků z odborné literatury. Na začátku praktické části je popsán současným systém rozvozu zboží z pekárny. Zboží rozváží tři vozidla, která obsluhují 46 zákazníků v Praze, Příbrami a jejím okolí. Vozidla jsou rozdělena do tří tras a rozvezou každý všední den 503 přepravek s pečivem.

Jako vhodný postup pro stanovení nových rozvozních tras byly stanoveny dvě metody. Clarke-Wrightova metoda a Mayerova metoda. Cílem bylo najít co nejkratší vzdálenost a zároveň obsloužit všechny zákazníky za stanovených podmínek, nepřesáhnout šestihodinovou dobu rozvozu jednoho vozidla a nepřekročit kapacitu vozidla, která činí 200 přepravek.

Nejlepší výsledky vykazuje výpočet nových tras Clarke-Wrightovou metodou. Stejně jako u původního řešení se rozdělily trasy do 3 okruhů. Dva okruhy obsluhují zákazníky v Praze a jeden okruh v Příbrami a okolí. Celková délka trasy se oproti současnému stavu zkrátila o 13 km a 950 metrů. Celkový čas rozvozu se snížil o 14 minut a spotřeba paliva se snížila 0,67 litru nafty. V peněžním vyjádření se jedná o 19,55 Kč za den. Došlo také k rovnoměrnějšímu rozložení časové náročnosti jednotlivých vozidel. Zatímco v původním řešení první vozidlo, které obsluhuje zákazníky v Praze, strávilo na cestě 6 hodin a 14 minut (přesáhlo limit 6 hodin stanovený pro jedno vozidlo), v novém řešení se časy u všech vozidel dostaly pod 6 hodin.

Vzhledem k tomu, že při použití Clarke-Wrightovy metody dojde k úspoře jak časové, tak k úspoře pohonných hmot, je nutné se na tyto výsledky podívat z obchodního úhlu pohledu. Časová úspora není nijak výrazná, přesto činí 14 minut denně, což znamená téměř 5 hodin měsíčně. Tato skutečnost byla převedena do finančních údajů a potvrdila, že časová úspora nevyužitého času činí měsíčně necelých 1 000 Kč. Stejně jako u časové úspory to není nijak závratné číslo, a tak je spíše třeba, aby ředitel společnosti využil tento časový, potažmo finanční prostor pro zlepšení vztahu s odběrateli při přebírání zboží, k nabídce dalšího sortimentu, který by případně mohli odebírat, nebo pro interní komunikaci s řidiči, kteří ho mohou informovat nejen o aktuální, či předpokládaném stavu dopravní situace, ale i o případných obchodních příležitostech, které cestou k pravidelným zákazníkům potkají.

Mayerovou metodou byly zjištěny také 3 trasy. Stejně jako u původního řešení a řešení stanoveného Clark-Wrightovou metodou dva okruhy obsluhují zákazníky v Praze a třetí v Příbrami a okolí. Celková délka se oproti původnímu řešení zvýšila o 2,45 km ale časová náročnost se snížila o 6 minut.

Nové řešení ani jednou z výše uvedených metod nedosahuje výrazného zlepšení oproti stávajícímu řešení. Je to způsobeno tím, že stávající rozvozní trasy nevznikly ze dne na den. Trasy byly zaměstnanci pekárny postupem času měněny a upravovány, až se ustálily v současném stavu. Jiná situace by na nastala, pokud by firma nově vznikala nebo pokud by expandovala a začala rozvážet své zboží do nových oblastí. V takovém případě by mělo smysl nově vzniklé trasy stanovit pomocí výše uvedených metod.

Dalším faktorem, který je v praxi potřeba zohlednit, je reálná situace na trasách. Pomocí optimalizačních metod zjistíme kratší trasu, než kterou společnost reálně používá, ale je třeba zohlednit i „místní znalost“ řidičů. Situace na silnicích se mění každým dnem a řidiči vozidel upravují trasu ve městech operativně. Jedná se o rekonstrukce vozovek, havárie, které zapříčiní uzavírku.

Nová trasa stanovená pomocí Clarke-Wrightovy metody bude navrhnuta společnosti Pekárny Vodička s.r.o.

7 Seznam použitých zdrojů

1. **Sixta, Josef a Mačát, Václav.** *Logistika - teorie a praxe.* Brno : Computer Press, a.s., 2005. ISBN 80-251-0573-3.

2. **Získal, Jan a Havlíček, Jaroslav.** *Ekonomicko matematické metody II studijní texty pro distanční studium.* Praha : PEF ČZU, 2009. 978-80-213-0664-6.

3. **Jablonský, Josef.** *Operační výzkum - kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování.* Praha : Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

4. **Kolčavová, Alena.** *Kvantitativní metody v rozhodování.* Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 978-80-7318-760-6.

5. **Brožová, Helena a Houška, Milan.** *Základní metody operační analýzy.* Praha : ČZU, 2002.

6. **Získal, Jan a Havlíček, Jaroslav.** *Ekonomicko matematické metody I studijní texty pro distanční studium.* Praha : PEF ČZU, 2009. 978-80-213-0761-2.

7. **Holoubek, Josef.** *Ekonomicko-matematické metody.* Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-411-2.

8. **Kučera, Luděk.** *Kombinatorické algoritmy.* Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 04-009-89.

9. **Šubrt , Tomáš, a další.** *Ekonomicko matematické metody II. Aplikace a cvičení.* Praha : ČZU, 2005. ISBN 80-213-0721-8.

10. **Cook, William John.** *In Pursuit of the Traveling Salesman: Mathematics at the Limits of Computation.* New Jersey : Princeton University Press, 2012. ISBN 978-0-691-15270-7.

11. **Karp, Richard M.** *Reducibility among Combinatorial Problems.* New York : Plenum Press, 1972.

12. **NEO.** Networking and Emerging Optimalization. [Online] 21. listopad 2017. www.neo.lcc.uma.es/vrp.

13. **Pelikán, Jan.** *Diskrétní modely v operačním výzkumu.* Praha : Professional Publishing, 2001. ISBN 8086-419-177.

14. **Kučera, Petr.** Metodologie okružního dopravního problému. *Disertační práce.* Praha : Česká zemědělská univerzita, 2009.

15. **Kosková, Ivanka.** *Distribuční úlohy I.* Praha : PEF ČZU, 2007. ISBN 978-80-213-1156-5.

16. **Vraštilová , Olga a Taufer, jiří.** Problém obchodního cestujícího a příbuzné úlohy. *cvut.cz.* [Online] https://www.fd.cvut.cz/projects/k611x1p/lide/michal/Clarke_Wright.pdf.
17. **Získal, Jan a Kosková, Ivanka.** *Cvičení z metod operační a systémové analýzy*. Praha : PEF ČZU, 2008. 978-80-213-0411-6.
18. **Pernica, Petr.** *Logistika pro 21. století.* Praha : Radix, spol s.r.o, 2004. ISBN 80-86031-59-4.

8 Přílohy

Příloha č. 1 – Rozdělení částí matice vzdáleností

Příloha č. 2 – Matice vzdáleností – 1. část

Příloha č. 3 - Matice vzdáleností – 2. část

Příloha č. 4 - Matice vzdáleností – 3. část

Příloha č. 5 - Matice vzdáleností – 4. část

Příloha č. 6 - Matice vzdáleností – 5. část

Příloha č. 7 - Matice vzdáleností – 5. část

Příloha č. 8 - Matice vzdáleností – 7. část

Příloha č. 9 - Matice vzdáleností – 8. část

Příloha č. 10 - Matice vzdáleností – 9. část

Příloha č. 11 – Rozdělení částí matice časů

Příloha č. 12 – Matice časů – 1. část

Příloha č. 13 - Matice časů – 2. část

Příloha č. 14 - Matice časů – 3. část

Příloha č. 15 - Matice časů – 4. část

Příloha č. 16 - Matice časů – 5. část

Příloha č. 17 - Matice časů – 5. část

Příloha č. 18 - Matice časů – 7. část

Příloha č. 19 - Matice časů – 8. část

Příloha č. 20 - Matice časů – 9. část

Příloha č. 21 – Rozdělení částí symetrické matice vzdáleností

Příloha č. 22 – Symetrická matice vzdáleností – 1. část

Příloha č. 23 - Symetrická matice vzdáleností – 2. část

Příloha č. 24 - Symetrická matice vzdáleností – 3. část

Příloha č. 25 - Symetrická matice vzdáleností – 5. část

Příloha č. 26 - Symetrická matice vzdáleností – 6. část

Příloha č. 27 - Symetrická matice vzdáleností – 9. část

Příloha č. 28 – Rozdělení částí symetrické matice časů

Příloha č. 29 – Symetrická matice časů – 1. část

Příloha č. 30 - Symetrická matice časů – 2. část

Příloha č. 31 - Symetrická matice časů – 3. část

Příloha č. 1 *– Rozdělení částí matice vzdáleností*

1. část	2. část	3. část
4. část	5. část	6. část
7. část	8. část	9. část

Příloha č. 2 *– Matice vzdáleností – 1. část*

D_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		71,4	73,3	62,4	67,4	62	66,9	64,4	64,2	60,8	60,8	66,5	71,2	65,2	59,2	60,1
1	71,8		4,9	5,8	7,1	5,7	5,1	4,9	4,7	7	6,9	4,7	4,6	8,5	8,8	8,9
2	72	3,9		8,3	9,6	8,8	8,7	8,6	8,4	9,5	10,6	8,3	1,9	14,4	11,3	11,5
3	62,2	6	10,5		0,2	0,7	4,4	3,8	3,6	1,9	3	3,8	7,4	3,5	3,7	3,8
4	67,4	6,1	10,4	1,7		1,3	4,8	4,2	4	2,1	3,1	4,5	7,2	3,5	3,9	3,4
5	62,4	5,5	10,5	0,7	1,6		4	3,4	3,2	2,1	3,1	3,6	7,7	3,6	3,9	3,9
6	63	4,8	9,3	2,5	2,9	2,1		0,6	0,4	2,7	3,8	2,7	7,2	4,2	4,5	4,7
7	62,2	4,6	9,1	2,1	2,7	1,7	2,9		2,6	2,1	3,2	2,5	6,9	3,7	4	4,1
8	62,6	5,8	10,8	2,2	3	1,8	4,2	0,2		2,3	3,3	3,8	8,1	3,8	4,1	4,3
9	60,7	6,6	11	2,5	2,3	2,1	4,2	5,2	5		1,5	3,8	9,6	3,3	2,3	3,6
10	61,2	5,9	10,4	3,9	3,7	3,5	2,4	3,7	3,4	1,8		2,1	9,8	4,2	2,6	4,6
11	66,9	5	9,6	2,8	3,2	2,4	0,4	0,9	0,7	3	2,3		7,5	4,5	4,5	5
12	71	4,9	3,8	7,1	8,4	7,6	8,9	7,6	7,4	8,5	9,5	8,5		10	10,3	10,4
13	60,9	7,1	15,5	3	2,4	2,6	5,5	4,9	4,7	2,6	3,7	5,1	9,4		3,6	1,1
14	59	7,9	16,4	3,8	3,7	3,4	4,9	5,8	5,6	2,2	2,3	4,6	10,2	4,5		4,9
15	61,4	7,7	16,2	3,6	3,1	3,2	6,1	5,6	5,4	3,3	4,2	5,7	10	1	3,9	

Příloha č. 3 *- Matice vzdáleností – 2. část*

D_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	63	63,6	63,5	63,6	70,1	63,8	65,6	61,4	65,4	61,9	63,3	72,4	67,6	3,7	2,7	7
1	5,5	5,1	4,5	3,8	5,4	4	6,3	6,3	6,3	6,9	8,9	19	5	70	70,4	75,5
2	8	7,5	6,9	6,2	8,2	7,7	10	10	9,9	10,6	12,6	23,8	7,9	70,1	70,6	75,6
3	1,1	2	2,3	2,9	7,3	3,2	4,4	3,5	4,6	5,1	7,5	17,3	5,4	60,4	60,8	65,8
4	1,8	2,9	2,8	2,8	7,8	3,7	4,6	3,6	4,8	5,3	7,7	17,4	5,9	65,6	66	71
5	1,3	1,8	2	2,6	7,1	2,9	4,6	3,6	4,7	5,2	7,6	18,4	5,2	60,5	61	66
6	2,5	1,9	1,8	2	6,2	2,2	4,5	4,3	4,4	5,1	7,1	17,4	4,3	61,2	61,6	66,6
7	2,3	1,7	1,6	1,7	5,9	1,9	4,2	3,7	4,2	4,9	6,8	17,2	4	60,6	61,1	66,1
8	2,8	2,9	2,8	2,9	7,6	3,1	4,8	3,8	5	5,5	7,8	17,6	5,8	60,5	61,2	66,2
9	3,9	4,4	4,3	4,5	8,6	4,7	2,9	2	3,1	3,6	6	16,7	10,3	58,9	59,4	64,4
10	4,5	4,5	4,4	4,6	7,1	3,2	1,6	0,5	1,8	2,5	4,6	15,1	5,1	59,3	59,8	64,8
11	2,8	2,2	2,1	2,3	6,2	2,3	2,6	2,5	2,7	3,4	5,5	15,6	4,5	65	65,5	70,5
12	6,4	6,5	5,9	5,2	8,5	7,8	10,6	10	10,5	11,2	13,1	24,1	8,2	69,2	69,6	74,7
13	3,6	4,1	4	4,2	8,4	4,4	7,3	4,2	5,5	5,7	8	19,7	6,5	59,1	59,5	64,6
14	4,4	5	4,9	5	9,2	5,3	3,7	2,9	3,9	3,3	5,7	16,4	10	57,1	57,6	62,6
15	4,3	4,8	4,7	4,9	9	5,1	5,6	4,7	5,8	5,9	8,3	19,5	7,2	59,5	60	65

Příloha č. 4 *- Matice vzdáleností – 3. část*

D_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
0	1,4	8,5	17,6	5,8	5	3,4	2,7	2,4	1,4	2	8,7	3	31,9	2,1	2,3	
1	72,8	78,1	86,7	66,4	70,6	69,3	69,9	70,3	72,2	72,6	80,1	70,4	41,5	71,4	70,4	
2	73	78,3	86,8	66,5	70,8	69,5	70	70,5	72,4	72,7	80,3	70,5	41,6	71,6	70,6	
3	63,2	68,5	77	56,8	61	59,7	60,2	60,7	62,6	63	70,5	60,8	31,8	61,8	60,8	
4	68,4	73,7	82,2	62	66,2	64,9	65,4	65,9	67,8	68,2	75,7	66	37	67	66	
5	63,3	68,7	77,2	56,9	61,2	59,8	60,4	60,9	62,8	63,1	70,7	60,9	32	61,9	60,9	
6	64	69,3	77,8	57,6	61,8	60,5	61	61,5	63,4	63,8	71,3	61,6	32,6	62,6	61,6	
7	63,4	68,8	77,3	57	61,2	59,9	60,5	61	62,9	63,2	70,8	61	32,1	62	61	
8	63,6	68,9	77,4	57,1	61,4	60,1	60,6	61,1	63	63,3	70,9	61,1	32,2	62,2	61,2	
9	61,7	67,1	75,6	55,3	59,5	58,2	58,8	59,2	61,7	61,5	69	59,3	30,8	60,3	59,3	
10	62,1	67,5	76	55,7	60	58,6	59,2	59,7	61,6	61,9	69,5	59,7	30,8	60,7	59,7	
11	67,9	73,2	81,7	61,4	65,7	64,4	64,9	65,4	67,3	67,6	75,2	65,4	36,5	66,5	65,5	
12	72	77,3	85,9	65,6	69,8	68,5	69,1	69,5	71,4	71,8	79,3	69,6	40,7	70,6	69,6	
13	61,9	67,2	75,8	55,5	59,7	58,4	59	59,4	61,3	61,7	69,2	59,5	30,6	60,5	59,5	
14	60	65,3	73,8	53,5	57,8	56,5	57	57,5	59,4	59,7	67,3	57,5	28,6	58,6	57,6	
15	62,4	67,7	76,2	55,9	60,2	58,9	59,4	59,9	61,8	62,2	69,7	60	31	61	60	

Příloha č. 5 *- Matice vzdáleností – 4. část*

D_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	66,9	5,2	9,6	0,7	2,6	1,2	4,3	3,8	3,5	2,7	3,8	4,5	6,4	4,2	4,6	4,1
17	67,7	4,6	8,9	1,4	3,5	1,9	4,5	3,5	3,3	3,4	4,5	4,1	6,3	5	5,3	5
18	68	4,2	8,5	2,3	4,1	2,8	4,5	3,2	3	4	5,1	4,1	5,8	5,6	5,9	5,7
19	63,6	3,6	7,8	2,2	3,3	2,5	3,1	2,4	2,2	3,3	4,3	3,1	5,2	4,8	5,1	5,2
20	70,5	4,6	9	8,2	9	7,8	6,6	6,8	6,6	8,3	7,7	6,2	8,3	9,8	10,1	10,3
21	67,7	3,8	8,2	3,1	3,5	2,7	1,7	1,2	1	4,1	3,2	1,3	7	5,6	5,4	5,9
22	66,4	6,2	13,6	5	4,8	4,9	3	3,9	3,7	2,9	1,5	2,6	10	5,3	3,7	5,7
23	61,4	5,6	10,1	4,2	4	3,8	1,8	3,4	3,2	2,1	0,8	1,4	9,5	4,5	2,9	4,7
24	61,5	6,3	13,7	5,3	5,1	5,1	3,1	4,1	3,8	3	1,7	2,8	10,2	5,4	3	5,7
25	63,1	8,9	14,3	8,1	7,9	8	5,5	6,8	6,5	6	4,7	5,1	13,1	9,4	4,9	10,4
26	62,9	8,8	14,4	8,2	8,1	7,8	5,6	6,6	6,3	6,6	4,5	5,2	12,9	8,6	4,8	10,2
27	71,4	19	24,6	19	19,7	18,6	15,7	16,8	16,5	18,2	15,3	15,3	24,3	20,6	15,4	21,1
28	67,8	4,8	8,8	6,2	6,4	5,8	4,2	4,7	4,5	6,2	5,3	4,1	8,5	7,7	9,6	8,2
29	2,5	69,1	71	60,1	65	59,7	64,6	62	61,8	58,4	58,5	64,2	68,8	62,9	56,9	57,7
30	2	70	71,8	60,9	65,9	60,5	65,5	62,9	62,7	59,3	59,4	65,1	69,7	63,7	57,7	58,6
31	7	75,1	75	66,1	71,1	65,7	70,6	68,1	67,9	64,5	64,5	70,2	74,9	68,9	62,9	63,8

Příloha č. 6 *- Matice vzdáleností – 5. část*

D_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		1	1,7	1,7	7,8	3,2	5,3	4,3	6	5,9	8,3	19	5,9	65,1	65,5	70,6
17	0,9		1,1	1,3	7,4	3,4	5,7	5	5,7	6,3	8,6	18,7	5,5	59,5	66,3	71,3
18	1,8	1,6		0,8	7,4	3,4	5,8	5,6	5,7	6,9	8,6	18,8	5,5	66,1	66,6	71,6
19	1,7	1,5	0,7		6,6	2,5	5	4,8	4,9	5,6	7,8	18	4,7	61,7	62,2	67,2
20	8,9	7,5	7	7,6		6,5	7,5	7,9	7,4	8,1	9,3	19,6	3,7	68,6	69,1	74,1
21	3,5	2,6	1,7	1,8	5,2		3,4	3,4	3,4	4	6	16,1	3,3	65,5	66	71
22	5,6	4,8	4,7	4,8	7,3	3,5		1,7	1,2	1,9	4	14,4	5,6	64,5	65	70
23	4,8	4,3	4,1	4,3	6,8	3	1,4		1,5	2,2	4,3	14,8	4,8	59,6	60	65
24	5,9	4,9	4,8	5	7,5	3,6	1,1	1,9		0,8	4,1	16,4	5,8	59,6	60,1	65,1
25	5,9	7,6	7,5	7,7	8,6	6,2	4,1	4,9	3,9		2	13,3	6,5	61,2	61,7	66,7
26	8,8	7,4	7,3	7,5	8,5	6,1	3,9	4,7	3,7	4,4		12,9	6,6	61,1	61,5	66,6
27	19,7	11,3	29,5	18,4	19,3	16,3	14,7	15,5	14,5	15,2	13,3		16,8	69,6	70	75,1
28	6,8	5,4	5,3	5,5	2	4,9	5	5,4	5	5,7	6,4	16,9		65,9	66,4	71,4
29	60,7	61,2	61,1	61,3	67,8	61,5	63,2	59	63,1	59,5	61	70	65,2		1,3	6,8
30	61,6	62,1	62	62,2	68,6	62,4	64,1	59,9	63,9	60,4	61,9	70,9	66,1	1,1		6,7
31	66,7	67,3	67,2	67,3	73,1	67,5	69,3	65	69,1	65,6	60,7	76,1	71,3	7,8	6,7	

Příloha č. 7 *- Matice vzdáleností – 5. část*

D_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
16	67,9	73,2	81,7	61,5	65,7	64,4	65	65,4	67,3	67,7	75,2	65,5	36,5	66,5	65,5	
17	68,7	74	82,5	62,3	66,5	65,2	65,7	66,2	68,1	68,5	76	66,3	37,3	67,3	66,3	
18	69	74,3	82,7	62,5	66,8	65,5	66	66,5	68,4	68,7	76,3	66,5	37,6	67,6	66,6	
19	64,6	69,9	78,4	58,1	62,4	61,1	61,6	62,1	64	64,3	71,9	62,1	33,2	63,2	62,2	
20	71,4	76,8	85,3	65	69,3	67,9	68,5	69	70,9	71,2	78,8	69	40,1	70	69	
21	68,4	73,7	82,2	61,9	66,2	64,9	65,4	65,9	67,8	68,1	75,7	65,9	37	67	66	
22	67,4	72,7	81,2	60,9	65,2	63,9	64,4	64,9	66,8	67,1	74,7	64,9	36	66	65	
23	62,4	67,7	76,2	56	60,2	58,9	59,4	59,9	61,8	62,2	69,7	60	31	61	60	
24	62,5	67,8	76,3	56	60,3	59	59,5	60	61,9	62,3	69,8	60,1	31,1	61,1	60,1	
25	64,1	69,4	77,9	57,6	61,9	60,6	61,1	61,6	63,5	63,8	71,4	61,6	32,7	62,7	61,7	
26	63,9	69,2	77,8	57,5	61,7	60,4	61	61,4	63,3	63,7	71,2	61,5	32,6	62,5	61,5	
27	72,4	77,7	86,2	66	69,2	68,9	69,5	69,9	71,8	72,2	79,7	70	41,1	71	70	
28	68,8	71,4	82,6	62,3	66,6	65,3	65,8	66,3	68,2	68,5	76,1	66,3	37,4	67,4	66,3	
29	3,7	9	18	3	3	0,3	0,7	1,7	2,7	3,1	11,5	0,2	29,5	1,9	0,9	
30	2,3	7,7	16,2	3,9	3,9	1,2	1,1	1,6	1,8	1,8	10,7	0,8	30,4	1,1	0,8	
31	8	14,4	23	9,7	8,7	7,7	6,4	5,5	7,8	8,1	7,6	6,7	35,6	7	6	

Příloha č. 8 *- Matice vzdáleností – 7. část*

D_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
32	1,5	72,5	74,4	63,5	68,4	63,1	68	65,4	65,2	61,8	61,9	67,6	72,2	66,3	60,3	61,1
33	8,5	77,7	79,5	68,6	73,6	68,2	73,2	70,6	70,4	67	67,1	72,8	77,4	71,4	65,4	66,3
34	18,3	86,2	88	77,2	82,1	76,8	81,7	79,1	78,9	75,5	75,6	81,3	85,9	80	74	74,8
35	6	65,9	67,8	56,9	61,9	56,5	61,4	58,9	58,6	55,3	55,3	61	65,7	59,7	53,7	54,6
36	4,9	70,2	72,1	61,2	66,2	60,8	65,7	63,2	62,9	59,6	59,6	65,3	70	64	58	58,9
37	2,4	68,9	70,7	59,8	64,8	59,5	64,4	61,8	61,6	58,2	58,3	64	68,6	62,6	56,6	57,5
38	2,3	69,4	71,3	60,4	65,3	60	64,9	62,4	62,1	58,8	58,8	64,5	69,1	63,2	57,2	58
39	1,5	71,2	70,3	62,2	67,2	61,8	66,7	64,2	63,9	60,6	60,6	66,3	70,9	65	57	59,9
40	1,5	71,6	73,5	62,6	67,6	62,2	67,1	64,4	64,3	61	61	66,7	71,4	65,4	59,4	60,3
41	2,1	72,1	73,9	63,1	68	62,7	67,6	65	64,8	61,4	61,5	67,2	71,8	65,9	59,9	60,7
42	8,7	79,7	81,6	70,7	75,7	70,3	75,2	72,7	72,5	69,1	69,2	74,8	79,5	73,5	67,5	68,4
43	2,3	69,1	71	60,1	65,1	59,7	64,6	62,1	61,8	58,5	58,5	64,2	68,9	62,9	56,9	57,8
44	33	41,1	42,9	32	37	31,7	36,6	34	33,8	30,4	30,5	36,2	40,8	34,9	28,8	29,7
45	1,7	71	72,8	61,9	66,9	61,5	66,5	63,9	63,7	60,3	60,4	66,1	70,7	64,7	58,7	59,6
46	2	69,8	71,7	60,8	65,8	60,4	65,3	62,8	62,5	59,2	59,2	64,9	69,6	63,6	57,6	58,5

Příloha č. 9 *- Matice vzdáleností – 8. část*

Dij	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
32	64,1	64,6	64,5	64,7	71,2	64,9	66,6	62,4	66,5	62,9	64,4	73,4	68,6	3,6	2,4	8,1
33	69,2	69,8	69,7	69,8	76,5	70	71,7	67,6	71,6	68,1	69,6	78,6	73,8	8,8	7,7	14,4
34	77,8	78,3	78,2	78,4	84,8	78,6	80,3	76,1	80,2	76,6	78,1	87,1	82,3	17,7	16,8	23,5
35	57,5	58,1	57,9	58,1	64,6	58,3	60,1	55,8	59,9	56,4	57,8	66,8	62,1	3,2	3,9	9,6
36	61,8	62,4	62,2	62,4	68,9	62,6	64,4	60,1	64,2	60,7	62,1	71,1	66,4	4	3,9	8,5
37	60,5	61	60,9	61,1	67,5	61,3	63	58,8	62,8	59,3	60,8	69,8	65	1,2	1,2	7,6
38	61	61,5	61,4	61,6	68,1	61,8	63,6	59,3	64,3	59,8	61,3	70,3	65,6	1,7	1,1	6,4
39	62,8	63,3	63,2	63,4	69,9	63,6	65,4	61,1	65,2	61,7	63,1	72,1	67,4	3,9	2,3	6,8
40	63,2	63,8	63,7	63,8	70,3	64	65,8	61,5	65,6	62,1	63,5	72,6	67,8	2,7	1,8	7,7
41	63,7	64,2	64,1	64,3	70,7	64,5	66,2	62	66	62,5	64	73	68,2	2,8	1,7	8,2
42	71,3	71,9	71,8	71,9	78,4	72,1	73,9	69,7	73,7	70,2	71,6	80,7	75,9	11,8	11,3	7,6
43	60,7	61,3	61,1	61,3	67,8	61,5	63,3	59	63,1	59,6	61	70	65,3	0,3	0,8	6,6
44	32,7	33,2	33,1	33,3	39,7	33,5	35,2	31	35	31,5	33	42	37,2	31,1	31,6	36,6
45	62,6	63,1	63	63,2	69,6	63,4	65,1	60,9	64,9	61,4	62,9	71,9	67,1	2	1,2	7,1
46	61,4	62	61,9	62	68,5	62,2	64	59,7	63,8	60,3	61,7	70,8	66	1,5	0,8	5,9

Příloha č. 10 *- Matice vzdáleností – 9. část*

Dij	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	
32		7,6	16,2	6,3	6,1	3,6	3,5	3,5	1,3	1,4	9,1	3,2	32,9	1,8	3,2	
33	7,3		9,4	11,6	11,6	8,9	8,8	9,3	8,2	7,3	16	8,5	38,1	7,5	8,5	
34	16,4	9,4		19,9	20,6	17,9	17,8	18,4	17,4	16,3	25,1	17,1	46,6	16,6	17,6	
35	6,2	11,6	19,9		4,8	2,9	3,3	4,5	5,3	5,6	14,3	3,4	26,4	4,9	3,5	
36	5,9	11,6	20,6	4,8		2,8	3,3	3,4	5,3	5,7	13,2	3,9	30,7	4,5	3,5	
37	3,5	8,9	17,9	2,9	2,8		0,6	1,6	2,5	2,9	12,3	1,1	29,3	1,8	0,8	
38	3,4	8,8	17,3	3,3	3,3	0,6		1,2	2,4	2,8	11	0,5	29,8	1,7	0,5	
39	2,5	9,5	18	5,5	4,8	2,8	2,5		2,4	3,2	9,8	2,7	31,6	2,1	2	
40	1,3	8,2	16,7	5,2	5,2	2,4	2,3	2,4		1,1	9,2	2,4	32,1	1,2	2,4	
41	1	7,3	15,8	5,6	5,6	2,9	2,8	2,8	1,1		9,7	2,5	32,5	1,1	2,5	
42	9	16	24,6	14,3	13,3	12,3	11	10,7	8,9	9,8		11,3	40,2	10,1	10,6	
43	3,1	8,5	18,1	3	3	0,3	0,8	1,5	2,5	2,6	11,3		29,5	1,7	0,7	
44	34	39,3	47,8	27,5	31,8	30,5	31	31,5	33,4	33,7	41,3	31,5		32,6	31,5	
45	1,8	7,6	16,1	4,5	4,5	1,8	1,7	1,9	1,3	1,2	10,1	1,7	31,4		1,8	
46	3,1	8,5	17	3,5	3,4	0,8	0,5	0,8	2,1	2,5	10,6	0,8	30,3	1,4		
32																

***Příloha č. 11** – Rozdělení částí matice časů*

1. část	2. část	3. část
4. část	5. část	6. část
7. část	8. část	9. část

***Příloha č. 12** – Matice časů – 1. část*

T_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		60	60	55	55	55	55	57,5	55	52,5	50	55	55	50	47,5	50
1	60		10	14	16	14	14	12	11,5	13	16	11,5	8	15	18	15
2	60	8		16	18	16	19	17	15	17	20	15	3	14	21	19
3	57,5	13	20		1	3	12	10	8,5	6	9,5	10	14	7,5	11	9
4	57,5	15	18	5		5	14	12	12	7	10	11,5	14	9	11,5	10
5	57,5	14	20	3	6		12	12	9	7	10	10	14	8,5	11,5	10
6	57,5	12	18	6	12	9		4	2	9	10	9,5	15	10	13	11
7	57,5	9,5	17	6	10	9	10		6	6	9,5	7,5	12	7,5	11	8
8	57,5	13	20	6	7,5	7	13	2		6	9,5	10	14	7,5	11	8,5
9	55	13	21	7	6,5	6,5	14	13	12		5	11	19	8	7	9
10	50	15	21	11	11	11	12	11,5	10	7		10	19	10,5	8	11,5
11	57,5	12	19	8	10	8	3	5	4	9	12		14	10	15	10,5
12	57,5	8	6	12	16	14	19	15	14	17	18	16		16	20	17
13	52,5	13	19	5	7	7	13	10	8,5	5,5	8,5	9,5	14		10	3
14	50	16	22	9	9	9	15	13	11,5	5,5	5,5	11,5	18	9		9,5
15	52,5	14	19	7	5,5	8	14	11,5	10	8	11,5	11	16	2	10	

__Příloha č. 13__ - Matice časů – 2. část

T_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	55	55	55	57,5	55	57,5	55	55	55	55	50	52,5	55	10	6	12
1	12	12	12	8	12	10,5	15	17	14	16	18	29,5	8	60	60	65
2	14	13	12	10	14	14	19	21	17	20	22	28,5	10	55	55	60
3	3	7	6	7	13	8	15	12	13	15	17	29,5	10,5	55	55	60
4	4	7	8	6	14	9,5	15	14	15	16	17	29,5	12	55	55	60
5	4	9	6	7	13	8	15	14	15	16	17	26	10,5	55	55	60
6	7	7	7	6	12	7	12	13	10,5	13	15	25	9	55	57,5	60
7	6	5	5	5	11,5	5,5	11,5	12	10	12	14	24	8	55	55	60
8	7	7	7	7	14	8	14	12	13	15	16	29,5	10,5	55	55	60
9	10	11,5	11,5	11,5	17	11,5	10	8,5	10	12	12	24	14	50	50	55
10	11,5	11,5	12	11	14	10	7	4	6,5	8,5	12	22	12	50	50	55
11	8,5	7	7	7	13	8,5	12	14	10,5	13	14	24	12	55	57,5	62,5
12	10,5	12	12	8,5	14	14	20	21	18	21	23	30,5	12	55	55	60
13	6	7,5	7,5	7,5	13	8	14	12	15	15	16	26	10,5	50	50	55
14	9,5	11	11	11	16	11	10	9	10	9	9	21	12	45	45	50
15	7,5	8,5	8,5	8,5	14	9,5	15	14	15	16	17	29,5	12	50	50	55

__Příloha č. 14__ - Matice časů – 3. část

T_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
0	5	12	18	10	9	9	7	5	4	5	35	7	28	5	5	
1	65	67,5	70	57,5	60	55	60	60	62,5	62,5	90	60	40	60	60	
2	60	65	70	50	55	55	55	55	60	60	85	57,5	37,5	57,5	55	
3	55	60	67,5	50	52,5	52,5	55	52,5	57,5	57,5	85	55	35	55	52,5	
4	60	65	67,5	50	55	52,5	55	55	60	60	85	55	35	55	55	
5	60	65	67,5	50	55	52,5	55	55	60	57,5	85	57,5	35	57,5	55	
6	60	62,5	67,5	52,5	55	55	55	55	57,5	57,5	85	57,5	37,5	57,5	55	
7	57,5	52,5	67,5	50	52,5	52,5	52,5	52,5	57,5	57,5	85	55	35	55	52,5	
8	57,5	62,5	67,5	50	52,5	52,5	55	52,5	57,5	57,5	85	55	35	55	52,5	
9	55	60	65	45	50	50	50	50	55	55	80	50	31,5	50	50	
10	55	60	65	45	50	50	50	50	55	50	80	55	35	55	50	
11	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	85	57,5	37,5	57,5	55	
12	60	65	70	50	55	55	55	55	60	60	85	55	37,5	55	57,5	
13	55	57,5	62,5	45	47,5	47,5	50	50	50	52,5	80	50	30	50	50	
14	50	55	60	40	45	45	45	45	50	50	75	45	26	45	45	
15	55	60	65	45	50	47,5	50	50	53	55	80	50	35	50	50	

***Příloha č. 15** - Matice časů – 4. část*

T_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	55	12	17	2	7	3	12	10	8,5	9	10	9,5	12	11	11,5	12
17	57,5	10	16	5	9	6	14	10	8,5	10	13	11,5	12	11	15	15
18	57,5	10	15	6	9	7	13	9	8	9,5	11,5	11	10	11	14	15
19	57,5	7	14	6	7,5	6	10,5	7	5,5	9	9,5	8	8	8	12	9,5
20	57,5	10	12	13	15	13	14	13	12	14	16	10,5	14	14	18	16
21	57,5	7,5	16	7,5	9	7	8	5	4	8	10	5,5	14	10	13	14
22	57,5	15	22	16	16	14	13	13	11,5	11,5	8,5	11	20	16	13	16
23	55	16	19	11	12	13	10	9,5	8	7	4	7,5	17	11,5	8,5	12
24	55	12	20	15	15	13	14	11	10	9	7	9	19	14	8,5	14
25	55	16	22	18	18	14	13	13	14	14	12	12	23	19	10	17
26	55	17	22	16	19	16	14	15	14	16	12	12	23	18	10	18
27	55	29,5	34	29,5	30,5	28,5	25	28,5	25	26	25	22	30,5	29,5	21	32
28	55	7	14	10,5	12	10,5	11,5	10,5	10	13	13	11	12	12	12	13
29	10	65	55	52,5	52,5	55	55	55	50	47,5	47,5	52,5	55	45	45	45
30	5	57,5	55	55	52,5	55	55	55	55	47,5	47,5	55	55	50	45	45
31	12	65	60	57,5	60	60	60	60	60	55	55	60	60	55	50	52,5

***Příloha č. 16** - Matice časů – 5. část*

T_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		5	5	5	12	7,5	15	14	12	16	17	29,5	10	55	55	60
17	4		5	4	14	9	14	16	14	16	18	28,5	12	57,5	57,5	62,5
18	6	5		3	14	8,5	14	15	13	14	17	28,5	11,5	57,5	57,5	62,5
19	5	4	3		11,5	6	11,5	13	10	12	15	24	8,5	55	57,5	60
20	14	13	16	12		14	14	18	14	15	14	25	6	57,5	60	65
21	8,5	8	6	5	10		10	12	8	10,5	12	23	7	57,5	57,5	62,5
22	16	13	13	13	16	11,5		10	6,5	8,5	11	22	11,5	57,5	57,5	62,5
23	11,5	14	12	9,5	12	7,5	8		5	7	9,5	21	10	50	52,5	55
24	15	12	12	11,5	14	10	6	9		4	10	21	9,5	52,5	55	60
25	16	16	16	15	16	14	10	14	8		6	19	10	52,5	52,5	57,5
26	16	16	16	15	18	14	10	14	9	12		19	12	52,5	52,5	60
27	29,5	29,5	29,5	28,5	26	25	23	26	23	24	20		22	52,5	55	57,5
28	11,5	10,5	11,5	10	5	10,5	12	14	10	12	13	23		55	55	60
29	52,5	50	55	50	55	50	55	50	50	50	50	50	50		4	12
30	52,5	52,5	55	50	55	52,5	57,5	50	50	50	50	50	52,5	4		10
31	57,5	60	60	58	60	60	60	55	55	55	55	55	57,5	14	10	

Příloha č. 17 *- Matice časů – 5. část*

T_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
16	60	65	67,5	50	55	50	55	55	60	60	85	55	35	55	55	
17	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	90	60	37,5	60	55	
18	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	90	60	37,5	60	55	
19	57,5	62,5	67,5	50	52,5	52,5	55	52,5	57,5	57,5	85	57,5	35	57,5	55	
20	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	87,5	60	40	60	55	
21	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	85	57,5	37,5	57,5	55	
22	60	65	70	52,5	55	55	55	55	60	60	85	57,5	37,5	57,5	55	
23	55	60	65	45	50	50	50	50	55	55	80	52,5	32,5	55	50	
24	55	61	65	50	50	50	50	50	55	55	85	55	35	55	50	
25	55	60	65	47,5	50	50	50	50	55	55	82,5	52,5	35	52,5	50	
26	55	60	65	47,5	50	50	50	50	55	55	82,5	52,5	35	52,5	50	
27	57,5	60	65	60	47,5	50	52,5	52,5	55	55	82,5	55	35	55	52,5	
28	60	62,5	65	50	52,5	50	55	52,5	57,5	55	85	55	35	55	52,5	
29	10	12	18	6	6	3	4	5	8	8	40	1	24	6	4	
30	6	8	14	6	6	4	3	4	5	4	35	3	26	2	2	
31	12	18	24	12	12	12	10	7	12	12	35	10	30	10	8	

Příloha č. 18 *- Matice časů – 7. část*

T_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
32	6	62,5	60	55	57,5	57,5	60	60	60	52,5	52,5	57,5	60	55	50	52,5
33	14	65	65	57,5	65	65	65	62,5	62,5	57,5	57,5	65	60	55	55	47,5
34	20	70	70	62,5	65	65	70	67,5	65	62,5	62,5	67,5	70	60	60	60
35	10	52,5	50	47,5	47,5	50	50	50	50	45	45	50	50	45	40	40
36	9	57,5	55	52,5	52,5	52,5	55	55	52,5	47,5	47,5	52,5	55	50	45	47,5
37	8	60	55	50	50	50	50	50	50	50	47,5	55	50	45	40	45
38	7	60	55	52,5	52,5	55	55	55	52,5	47,5	47,5	52,5	55	50	45	47,5
39	4	60	60	52,5	52,5	52,5	55	55	55	52,5	50	55	55	50	45	50
40	5	60	60	55	57,5	57,5	60	60	55	52,5	52,5	60	55	50	50	50
41	5	60	60	52,5	57,5	52,5	60	55	55	55	50	57,5	80	50	45	50
42	26	90	85	82,5	87,5	85	80	80	80	77,5	77,5	82,5	80	75	70	77,5
43	8	57,5	55	52,5	52,5	57,5	55	55	50	47,5	52,5	55	55	45	45	47,5
44	30	42,5	40	35	35	35	40	37,5	35	28	30	35	35	30	26	32
45	4	60	55	55	55	57,5	55	55	55	50	52,5	55	55	50	45	47,5
46	5	57,5	55	52,5	52,5	55	55	55	50	50	47,5	52,5	50	45	45	47,5

Příloha č. 19 - *Matice časů – 8. část*

T_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	57,5	57,5	60	55	60	55	57,5	55	55	55	55	55	57,5	10	6	14
33	60	60	62,5	60	65	62,5	65	60	60	60	55	60	60	14	9	18
34	65	65	70	65	70	70	70	65	65	65	65	65	65	18	16	24
35	45	52,5	50	50	50	50	50	45	45	45	45	45	47,5	6	7	14
36	52,5	55	52,5	50	55	52,5	52,5	50	50	50	50	50	52,5	8	8	12
37	50	52,5	55	52,5	50	52,5	55	50	50	50	45	47,5	50	5	4	12
38	52,5	55	52,5	55	55	52,5	55	50	50	50	50	52,5	52,5	5	4	10
39	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	50	52,5	55	10	6	12
40	57,5	60	60	55	60	57,5	57,5	55	55	55	50	52,5	55	9	5	14
41	57,5	60	57,5	55	60	60	57,5	55	55	55	50	55	55	7	3	12
42	80	90	87,5	82,5	80	82,5	85	75	80	75	80	80	80	35	30	24
43	52,5	57,5	57,5	55	55	55	55	50	50	50	50	52,5	52,5	2	4	12
44	32,5	35	35	35	40	37,5	35	35	35	35	30	35	35	26	26	35
45	52,5	57,5	57,5	55	55	55	55	50	52,5	50	52,5	52,5	52,5	6	3	10
46	52,5	55	52,5	55	55	52,5	52,5	50	50	50	50	52,5	52,5	5	2	8

Příloha č. 20 - *Matice časů – 9. část*

T_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
32		12	18	12	12	9	9	8	5	4	35	8	30	5	8	
33	10		10	16	16	12	12	12	12	9	40	12	35	9	10	
34	16	10		20	22	18	18	18	18	16	50	18	40	16	18	
35	12	16	20		7	6	6	7	12	10	40	7	22	9	6	
36	12	16	22	7		5	7	6	10	10	40	8	26	8	6	
37	9	12	18	6	4		4	5	8	7	35	5	22	6	4	
38	9	12	18	6	6	3		4	8	7	35	3	26	5	3	
39	5	14	20	10	9	8	7		5	8	35	8	28	6	5	
40	5	12	18	10	10	8	7	7		4	35	7	28	4	6	
41	3	9	16	9	9	6	6	6	5		35	6	28	2	5	
42	26	35	40	35	35	30	30	28	26	28		30	50	28	28	
43	9	12	18	6	6	3	4	5	9	7	40		24	6	4	
44	30	35	40	22	26	24	26	26	30	30	60	28		28	26	
45	5	9	16	8	7	5	5	4	4	3	35	4	26		3	
46	7	10	16	6	5	3	2	2	6	5	35	2	24	4		
32																

***Příloha č. 21** – Rozdělení částí symetrické matice vzdáleností*

1. část	2. část	3. část
Prázdná	5. část	6. část
Prázdná	Prázdná	9. část

***Příloha č. 22** – Symetrická matice vzdáleností – 1. část*

D_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		71,6	72,7	62,3	67,4	62,2	65	63,3	63,4	60,8	61	66,7	71,1	63,1	59,1	60,8
1			4,4	5,9	6,6	5,6	4,95	4,75	5,25	6,8	6,4	4,85	4,75	7,8	8,35	8,3
2				9,4	10	9,65	9	8,85	9,6	10,3	10,5	8,95	2,85	15	13,9	13,9
3					0,95	0,7	3,45	2,95	2,9	2,2	3,45	3,3	7,25	3,25	3,75	3,7
4						1,45	3,85	3,45	3,5	2,2	3,4	3,85	7,8	2,95	3,8	3,25
5							3,05	2,55	2,5	2,1	3,3	3	7,65	3,1	3,65	3,55
6								1,75	2,3	3,45	3,1	1,55	8,05	4,85	4,7	5,4
7									1,4	3,65	3,45	1,7	7,25	4,3	4,9	4,85
8										3,65	3,35	2,25	7,75	4,25	4,85	4,85
9											1,65	3,4	9,05	2,95	2,25	3,45
10												2,2	9,65	3,95	2,45	4,4
11													8	4,8	4,55	5,35
12														9,7	10,3	10,2
13															4,05	1,05
14																4,4
15																

Příloha č. 23 *- Symetrická matice vzdáleností – 2. část*

D_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	65	65,7	65,8	63,6	70,3	65,8	66	61,4	63,5	62,5	63,1	71,9	67,7	3,1	2,35	7
1	5,35	4,85	4,35	3,7	5	3,9	6,25	5,95	6,3	7,9	8,85	19	4,9	69,6	70,2	75,3
2	8,8	8,2	7,7	7	8,6	7,95	11,8	10,1	11,8	12,5	13,5	24,2	8,35	70,6	71,2	75,3
3	0,9	1,7	2,3	2,55	7,75	3,15	4,7	3,85	4,95	6,6	7,85	18,2	5,8	60,3	60,9	66
4	2,2	3,2	3,45	3,05	8,4	3,6	4,7	3,8	4,95	6,6	7,9	18,6	6,15	65,3	66	71,1
5	1,25	1,85	2,4	2,55	7,45	2,8	4,75	3,7	4,9	6,6	7,7	18,5	5,5	60,1	60,8	65,9
6	3,4	3,2	3,15	2,55	6,4	1,95	3,75	3,05	3,75	5,3	6,35	16,6	4,25	62,9	63,6	68,6
7	3,05	2,6	2,4	2,05	6,35	1,55	4,05	3,55	4,15	5,85	6,7	17	4,35	61,3	62	67,1
8	3,15	3,1	2,9	2,55	7,1	2,05	4,25	3,5	4,4	6	7,05	17,1	5,15	61,2	62	67,1
9	3,3	3,9	4,15	3,9	8,45	4,4	2,9	2,05	3,05	4,8	6,3	17,5	8,25	58,7	59,4	64,5
10	4,15	4,5	4,75	4,45	7,4	3,2	1,55	0,65	1,75	3,6	4,55	15,2	5,2	58,9	59,6	64,7
11	3,65	3,15	3,1	2,7	6,2	1,8	2,6	1,95	2,75	4,25	5,35	15,5	4,3	64,6	65,3	70,4
12	6,4	6,4	5,85	5,2	8,4	7,4	10,3	9,75	10,4	12,2	13	24,2	8,35	69	69,7	74,8
13	3,9	4,55	4,8	4,5	9,1	5	6,3	4,35	5,45	7,55	8,3	20,2	7,1	61	61,6	66,8
14	4,5	5,15	5,4	5,05	9,65	5,35	3,7	2,9	3,45	4,1	5,25	15,9	9,8	57	57,7	62,8
15	4,2	4,9	5,2	5,05	9,65	5,5	5,65	4,7	5,75	8,15	9,25	20,3	7,7	58,6	59,3	64,4

Příloha č. 24 *- Symetrická matice vzdáleností – 3. část*

D_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
0	1,45	8,5	18	5,9	4,95	2,9	2,5	1,95	1,45	2,05	8,7	2,65	32,5	1,9	2,15	
1	72,7	77,9	86,5	66,2	70,4	69,1	69,7	70,8	71,9	72,4	79,9	69,8	41,3	71,2	70,1	
2	73,7	78,9	87,4	67,2	71,5	70,1	70,7	70,4	73	73,3	81	70,8	42,3	72,2	71,2	
3	63,4	68,6	77,1	56,9	61,1	59,8	60,3	61,5	62,6	63,1	70,6	60,5	31,9	61,9	60,8	
4	68,4	73,7	82,2	62	66,2	64,9	65,4	66,6	67,7	68,1	75,7	65,6	37	67	65,9	
5	63,2	68,5	77	56,7	61	59,7	60,2	61,4	62,5	62,9	70,5	60,3	31,9	61,7	60,7	
6	66	71,3	79,8	59,5	63,8	62,5	63	64,1	65,3	65,7	73,3	63,1	34,6	64,6	63,5	
7	64,4	69,7	78,2	58	62,2	60,9	61,5	62,6	63,7	64,1	71,8	61,6	33,1	63	61,9	
8	64,4	69,7	78,2	57,9	62,2	60,9	61,4	62,5	63,7	64,1	71,7	61,5	33	63	61,9	
9	61,8	67,1	75,6	55,3	59,6	58,2	58,8	59,9	61,4	61,5	69,1	58,9	30,6	60,3	59,3	
10	62	67,3	75,8	55,5	59,8	58,5	59	60,2	61,3	61,7	69,4	59,1	30,7	60,6	59,5	
11	67,8	73	81,5	61,2	65,5	64,2	64,7	65,9	67	67,4	75	64,8	36,4	66,3	65,2	
12	72,1	77,4	85,9	65,7	69,9	68,6	69,1	70,2	71,4	71,8	79,4	69,3	40,8	70,7	69,6	
13	64,1	69,3	77,9	57,6	61,9	60,5	61,1	62,2	63,4	63,8	71,4	61,2	32,8	62,6	61,6	
14	60,2	65,4	73,9	53,6	57,9	56,6	57,1	57,3	59,4	59,8	67,4	57,2	28,7	58,7	57,6	
15	61,8	67	75,5	55,3	59,6	58,2	58,7	59,9	61,1	61,5	69,1	58,9	30,4	60,3	59,3	

Příloha č. 25 *- Symetrická matice vzdáleností – 5. část*

D_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		0,95	1,75	1,7	8,35	3,35	5,45	4,55	5,95	5,9	8,55	19,4	6,35	62,9	63,6	68,7
17			1,35	1,4	7,45	3	5,25	4,65	5,3	6,95	8	15	5,45	60,4	64,2	69,3
18				0,75	7,2	2,55	5,25	4,85	5,25	7,2	7,95	24,2	5,4	63,6	64,3	69,4
19					7,1	2,15	4,9	4,55	4,95	6,65	7,65	18,2	5,1	61,5	62,2	67,3
20						5,85	7,4	7,35	7,45	8,35	8,9	19,5	2,85	68,2	68,9	73,6
21							3,45	3,2	3,5	5,1	6,05	16,2	4,1	63,5	64,2	69,3
22								1,55	1,15	3	3,95	14,6	5,3	63,9	64,6	69,7
23									1,7	3,55	4,5	15,2	5,1	59,3	60	65
24										2,35	3,9	15,5	5,4	61,4	62	67,1
25											3,2	14,3	6,1	60,4	61,1	66,2
26												13,1	6,5	61,1	61,7	63,7
27													16,9	69,8	70,5	75,6
28														65,6	66,3	71,4
29															1,2	7,3
30																6,7
31																

Příloha č. 26 *- Symetrická matice vzdáleností – 6. část*

D_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
16	66	71,2	79,8	59,5	63,8	62,5	63	64,1	65,3	65,7	73,3	63,1	34,6	64,6	63,5	
17	66,7	71,9	80,4	60,2	64,5	63,1	63,6	64,8	66	66,4	74	63,8	35,3	65,2	64,2	
18	66,8	72	80,5	60,2	64,5	63,2	63,7	64,9	66,1	66,4	74,1	63,8	35,4	65,3	64,3	
19	64,7	69,9	78,4	58,1	62,4	61,1	61,6	62,8	63,9	64,3	71,9	61,7	33,3	63,2	62,1	
20	71,3	76,7	85,1	64,8	69,1	67,7	68,3	69,5	70,6	71	78,6	68,4	39,9	69,8	68,8	
21	66,7	71,9	80,4	60,1	64,4	63,1	63,6	64,8	65,9	66,3	73,9	63,7	35,3	65,2	64,1	
22	67	72,2	80,8	60,5	64,8	63,5	64	65,2	66,3	66,7	74,3	64,1	35,6	65,6	64,5	
23	62,4	67,7	76,2	55,9	60,2	58,9	59,4	60,5	61,7	62,1	69,7	59,5	31	61	59,9	
24	64,5	69,7	78,3	58	62,3	60,9	61,9	62,6	63,8	64,2	71,8	61,6	33,1	63	62	
25	63,5	68,8	77,3	57	61,3	60	60,5	61,7	62,8	63,2	70,8	60,6	32,1	62,1	61	
26	64,2	69,4	78	57,7	61,9	60,6	61,2	62,3	63,4	63,9	71,4	61,3	32,8	62,7	61,6	
27	72,9	78,2	86,7	66,4	70,2	69,4	69,9	71	72,2	72,6	80,2	70	41,6	71,5	70,4	
28	68,7	72,6	82,5	62,2	66,5	65,2	65,7	66,9	68	68,4	76	65,8	37,3	67,3	66,2	
29	3,65	8,9	17,9	3,1	3,5	0,75	1,2	2,8	2,7	2,95	11,7	0,25	30,3	1,95	1,2	
30	2,35	7,7	16,5	3,9	3,9	1,2	1,1	1,95	1,8	1,75	11	0,8	31	1,15	0,8	
31	8,05	14,4	23,3	9,65	8,6	7,65	6,4	6,15	7,75	8,15	7,6	6,65	36,1	7,05	5,95	

***Příloha č. 27** - Symetrická matice vzdáleností – 9. část*

D_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
32		7,45	16,3	6,25	6	3,55	3,45	3	1,3	1,2	9,05	3,15	33,5	1,8	3,15	
33			9,4	11,6	11,6	8,9	8,8	9,4	8,2	7,3	16	8,5	38,7	7,55	8,5	
34				19,9	20,6	17,9	17,6	18,2	17,1	16,1	24,9	17,6	47,2	16,4	17,3	
35					4,8	2,9	3,3	5	5,25	5,6	14,3	3,2	27	4,7	3,5	
36						2,8	3,3	4,1	5,25	5,65	13,3	3,45	31,3	4,5	3,45	
37							0,6	2,2	2,45	2,9	12,3	0,7	29,9	1,8	0,8	
38								1,85	2,35	2,8	11	0,65	30,4	1,7	0,5	
39									2,4	3	10,3	2,1	31,6	2	1,4	
40										1,1	9,05	2,45	32,8	1,25	2,25	
41											9,75	2,55	33,1	1,15	2,5	
42												11,3	40,8	10,1	10,6	
43													30,5	1,7	0,75	
44														32	30,9	
45															1,6	
46																
32																

***Příloha č. 28** – Rozdělení částí symetrické matice časů*

1. část	2. část	3. část
Prázdná	5. část	6. část
Prázdná	Prázdná	9. část

***Příloha č. 29** – Symetrická matice časů – 1. část*

T_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		60	60	56,3	56,3	56,3	56,3	57,5	56,3	53,8	50	56,3	56,3	51,3	48,8	51,3
1			9	13,5	15,5	14	13	10,8	12,3	13	15,5	11,8	8	14	17	14,5
2				18	18	18	18,5	17	17,5	19	20,5	17	4,5	16,5	21,5	19
3					3	3	9	8	7,25	6,5	10,3	9	13	6,25	10	8
4						5,5	13	11	9,75	6,75	10,5	10,8	15	8	10,3	7,75
5							10,5	10,5	8	6,75	10,5	9	14	7,75	10,3	9
6								7	7,5	11,5	11	6,25	17	11,5	14	12,5
7									4	9,5	10,5	6,25	13,5	8,75	12	9,75
8										9	9,75	7	14	8	11,3	9,25
9											6	10	18	6,75	6,25	8,5
10												11	18,5	9,5	6,75	11,5
11													15	9,75	13,3	10,8
12														15	19	16,5
13															9,5	2,5
14																9,75
15																

***Příloha č. 30** - Symetrická matice časů – 2. část*

T_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	55	56,3	56,3	57,5	56,3	57,5	56,3	55	55	55	52,5	53,8	55	10	5,5	12
1	12	11	11	7,5	11	9	15	16,5	13	16	17,5	29,5	7,5	62,5	58,8	65
2	15,5	14,5	13,5	12	13	15	20,5	20	18,5	21	22	31,3	12	55	55	60
3	2,5	6	6	6,5	13	7,75	15,5	11,5	14	16,5	16,5	29,5	10,5	53,8	55	58,8
4	5,5	8	8,5	6,75	14,5	9,25	15,5	13	15	17	18	30	12	53,8	53,8	60
5	3,5	7,5	6,5	6,5	13	7,5	14,5	13,5	14	15	16,5	27,3	10,5	55	55	60
6	9,5	10,5	10	8,25	13	7,5	12,5	11,5	12,3	13	14,5	25	10,3	55	56,3	60
7	8	7,5	7	6	12,3	5,25	12,3	10,8	10,5	12,5	14,5	26,3	9,25	55	55	60
8	7,75	7,75	7,5	6,25	13	6	12,8	10	11,5	14,5	15	27,3	10,3	52,5	55	60
9	9,5	10,8	10,5	10,3	15,5	9,75	10,8	7,75	9,5	13	14	25	13,5	48,8	48,8	55
10	10,8	12,3	11,8	10,3	15	10	7,75	4	6,75	10,3	12	23,5	12,5	48,8	48,8	55
11	9	9,25	9	7,5	11,8	7	11,5	10,8	9,75	12,5	13	23	11,5	53,8	56,3	61,3
12	11,3	12	11	8,25	14	14	20	19	18,5	22	23	30,5	12	55	55	60
13	8,5	9,25	9,25	7,75	13,5	9	15	11,8	14,5	17	17	27,8	11,3	47,5	50	55
14	10,5	13	12,5	11,5	17	12	11,5	8,75	9,25	9,5	9,5	21	12	45	45	50
15	9,75	11,8	11,8	9	15	11,8	15,5	13	14,5	16,5	17,5	30,8	12,5	47,5	47,5	53,8

***Příloha č. 31** - Symetrická matice časů – 3. část*

T_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
0	5,5	13	19	10	9	8,5	7	4,5	4,5	5	30,5	7,5	29	4,5	5	
1	63,8	66,3	70	55	58,8	57,5	60	60	61,3	61,3	90	58,8	41,3	60	58,8	
2	60	65	70	50	55	55	55	57,5	60	60	85	56,3	38,8	56,3	55	
3	55	58,8	65	48,8	52,5	51,3	53,8	52,5	56,3	55	83,8	53,8	35	55	52,5	
4	58,8	65	66,3	48,8	53,8	51,3	53,8	53,8	58,8	58,8	86,3	53,8	35	55	53,8	
5	58,8	65	66,3	50	53,8	51,3	55	53,8	58,8	55	85	57,5	35	57,5	55	
6	60	63,8	68,8	51,3	55	52,5	55	55	58,8	58,8	82,5	56,3	38,8	56,3	55	
7	58,8	57,5	67,5	50	53,8	51,3	53,8	53,8	58,8	56,3	82,5	55	36,3	55	53,8	
8	58,8	62,5	66,3	50	52,5	51,3	53,8	53,8	56,3	56,3	82,5	52,5	35	55	51,3	
9	53,8	58,8	63,8	45	48,8	50	48,8	51,3	53,8	55	78,8	48,8	29,8	50	50	
10	53,8	58,8	63,8	45	48,8	48,8	48,8	50	53,8	50	78,8	53,8	32,5	53,8	48,8	
11	58,8	65	68,8	51,3	53,8	55	53,8	55	60	58,8	83,8	56,3	36,3	56,3	53,8	
12	60	62,5	70	50	55	52,5	55	55	57,5	70	82,5	55	36,3	55	53,8	
13	55	56,3	61,3	45	48,8	46,3	50	50	50	51,3	77,5	47,5	30	50	47,5	
14	50	55	60	40	45	42,5	45	45	50	47,5	72,5	45	26	45	45	
15	53,8	53,8	62,5	42,5	48,8	46,3	48,8	50	51,5	52,5	78,8	48,8	33,5	48,8	48,8	

***Příloha č. 32** - Symetrická matice časů – 5. část*

T_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		4,5	5,5	5	13	8	15,5	12,8	13,5	16	16,5	29,5	10,8	53,8	53,8	58,8
17			5	4	13,5	8,5	13,5	15	13	16	17	29	11,3	53,8	55	61,3
18				3	15	7,25	13,5	13,5	12,5	15	16,5	29	11,5	56,3	56,3	61,3
19					11,8	5,5	12,3	11,3	10,8	13,5	15	26,3	9,25	52,5	53,8	59
20						12	15	15	14	15,5	16	25,5	5,5	56,3	57,5	62,5
21							10,8	9,75	9	12,3	13	24	8,75	53,8	55	61,3
22								9	6,25	9,25	10,5	22,5	11,8	56,3	57,5	61,3
23									7	10,5	11,8	23,5	12	50	51,3	55
24										6	9,5	22	9,75	51,3	52,5	57,5
25											9	21,5	11	51,3	51,3	56,3
26												19,5	12,5	51,3	51,3	57,5
27													22,5	51,3	52,5	56,3
28														52,5	53,8	58,8
29															4	13
30																10
31																

Příloha č. 33 *- Symetrická matice časů – 6. část*

Tij	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
16	58,8	62,5	66,3	47,5	53,8	50	53,8	55	58,8	58,8	82,5	53,8	33,8	53,8	53,8	
17	58,8	62,5	67,5	52,5	55	53,8	55	55	60	60	90	58,8	36,3	58,8	55	
18	60	63,8	70	51,3	53,8	55	53,8	55	60	58,8	88,8	58,8	36,3	58,8	53,8	
19	56,3	61,3	66,3	50	51,3	52,5	55	53,8	56,3	56,3	83,8	56,3	35	56,3	55	
20	60	65	70	51,3	55	52,5	55	55	60	60	83,8	57,5	40	57,5	55	
21	57,5	63,8	70	51,3	53,8	53,8	53,8	55	58,8	60	83,8	56,3	37,5	56,3	53,8	
22	58,8	65	70	51,3	53,8	55	55	55	58,8	58,8	85	56,3	36,3	56,3	53,8	
23	55	60	65	45	50	50	50	52,5	55	55	77,5	51,3	33,8	52,5	50	
24	55	60,5	65	47,5	50	50	50	52,5	55	55	82,5	52,5	35	53,8	50	
25	55	60	65	46,3	50	50	50	52,5	55	55	78,8	51,3	35	51,3	50	
26	55	57,5	65	46,3	50	47,5	50	50	52,5	52,5	81,3	51,3	32,5	52,5	50	
27	56,3	60	65	52,5	48,8	48,8	52,5	52,5	53,8	55	81,3	53,8	35	53,8	52,5	
28	58,8	61,3	65	48,8	52,5	50	53,8	53,8	56,3	55	82,5	53,8	35	53,8	52,5	
29	10	13	18	6	7	4	4,5	7,5	8,5	7,5	37,5	1,5	25	6	4,5	
30	6	8,5	15	6,5	7	4	3,5	5	5	3,5	32,5	3,5	26	2,5	2	
31	13	18	24	13	12	12	10	9,5	13	12	29,5	11	32,5	10	8	

Příloha č. 34 *- Symetrická matice časů – 9. část*

Tij	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
32		11	17	12	12	9	9	6,5	5	3,5	30,5	8,5	30	5	7,5	
33			10	16	16	12	12	13	12	9	37,5	12	35	9	10	
34				20	22	18	18	19	18	16	45	18	40	16	17	
35					7	6	6	8,5	11	9,5	37,5	6,5	22	8,5	6	
36						4,5	6,5	7,5	10	9,5	37,5	7	26	7,5	5,5	
37							3,5	6,5	8	6,5	32,5	4	23	5,5	3,5	
38								5,5	7,5	6,5	32,5	3,5	26	5	2,5	
39									6	7	31,5	6,5	27	5	3,5	
40										4,5	30,5	8	29	4	6	
41											31,5	6,5	29	2,5	5	
42												35	55	31,5	31,5	
43													26	5	3	
44														27	25	
45															3,5	
46																
32																

Příloha č. 35 *– Rozdělení částí matice výhodnostních koeficientů*

1. část	2. část	3. část
Prázdná	5. část	6. část
Prázdná	Prázdná	9. část

Příloha č. 36 *– Matice výhodnostních koeficientů – 1. část*

Z_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0																
1			139,9	128,0	132,4	128,2	131,6	130,2	129,8	125,6	126,2	133,5	138,0	126,9	122,4	124,1
2				125,6	130,1	125,2	128,6	127,1	126,5	123,2	123,2	130,4	140,9	120,8	117,9	119,6
3					128,8	123,8	123,8	122,7	122,8	120,9	119,9	125,7	126,2	122,1	117,7	119,4
4						128,2	128,5	127,3	127,3	126,0	125,0	130,3	130,7	127,5	122,7	124,9
5							124,1	123,0	123,1	120,9	119,9	125,9	125,7	122,2	117,7	119,4
6								126,5	126,1	122,3	122,9	130,1	128,0	123,2	119,4	120,3
7									125,3	120,4	120,9	128,3	127,2	122,1	117,5	119,2
8										120,5	121,1	127,9	126,8	122,2	117,7	119,3
9											120,1	124,1	122,8	120,9	117,6	118,1
10												125,5	122,5	120,1	117,7	117,4
11													129,8	125,0	121,3	122,1
12														124,5	120,0	121,7
13															118,1	122,8
14																115,5
15																

__Příloha č. 37__ - Matice výhodnostních koeficientů – 2. část

Z_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0																
1	131,2	132,4	133,0	131,5	136,9	133,5	131,4	127,1	128,8	126,2	125,9	124,5	134,4	5,1	3,7	3,3
2	128,8	130,1	130,7	129,3	134,4	130,5	126,9	124,0	124,3	122,7	122,3	120,4	132,0	5,2	3,8	4,4
3	126,4	126,3	125,8	123,4	124,9	124,9	123,6	119,9	120,8	118,2	117,6	116,1	124,2	5,1	3,8	3,4
4	130,2	129,9	129,7	128,0	129,3	129,6	128,7	125,0	125,9	123,3	122,6	120,8	129,0	5,2	3,8	3,4
5	125,9	126,0	125,6	123,3	125,1	125,2	123,5	119,9	120,8	118,1	117,6	115,6	124,4	5,2	3,8	3,4
6	126,5	127,4	127,6	126,0	128,9	128,8	127,2	123,3	124,7	122,2	121,7	120,3	128,4	5,2	3,8	3,4
7	125,2	126,4	126,7	124,9	127,3	127,5	125,3	121,2	122,6	120,0	119,7	118,2	126,7	5,1	3,7	3,2
8	125,2	126,0	126,3	124,5	126,6	127,1	125,2	121,3	122,5	119,9	119,5	118,3	126,0	5,4	3,8	3,3
9	122,4	122,5	122,4	120,5	122,6	122,1	123,9	120,1	121,2	118,5	117,6	115,2	120,2	5,2	3,8	3,3
10	121,8	122,2	122,0	120,2	123,9	123,6	125,5	121,8	122,7	119,9	119,6	117,7	123,5	5,2	3,8	3,3
11	128,0	129,2	129,4	127,6	130,8	130,7	130,1	126,2	127,4	125,0	124,5	123,2	130,1	5,2	3,8	3,4
12	129,7	130,4	131,0	129,5	133,0	129,5	126,8	122,8	124,2	121,5	121,2	118,8	130,5	5,2	3,8	3,3
13	124,1	124,2	124,0	122,2	124,3	123,8	122,8	120,1	121,1	118,0	117,9	114,8	123,7	5,1	3,8	3,3
14	119,6	119,6	119,5	117,7	119,8	119,5	121,4	117,6	119,1	117,5	117,0	115,1	117,0	5,2	3,8	3,3
15	121,5	121,5	121,3	119,3	121,4	121,0	121,1	117,5	118,5	115,1	114,6	112,4	120,8	5,3	3,8	3,3

__Příloha č. 38__ - Matice výhodnostních koeficientů – 3. část

Z_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
0																
1	0,4	2,2	3,1	11,4	6,1	5,4	4,4	2,8	1,1	1,3	0,4	4,5	62,8	2,3	3,7	
2	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	4,2	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
3	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,9	2,4	3,7	
4	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,6	2,8	1,2	1,4	0,4	4,5	62,9	2,4	3,7	
5	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,6	62,8	2,4	3,7	
6	0,4	2,2	3,2	11,4	6,2	5,4	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,8	2,3	3,7	
7	0,3	2,1	3,1	11,3	6,1	5,4	4,4	2,7	1,1	1,3	0,3	4,4	62,7	2,3	3,6	
8	0,5	2,3	3,2	11,5	6,2	5,5	4,6	2,9	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
9	0,5	2,2	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	0,9	1,3	0,4	4,5	62,6	2,4	3,7	
10	0,5	2,2	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,6	62,8	2,4	3,7	
11	0,4	2,2	3,2	11,4	6,2	5,4	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,6	62,8	2,3	3,7	
12	0,5	2,3	3,1	11,4	6,1	5,5	4,5	2,8	1,1	1,3	0,4	4,5	62,8	2,3	3,7	
13	0,4	2,2	3,1	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,8	2,4	3,7	
14	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	3,8	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,3	3,7	
15	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,6	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,9	2,4	3,7	

Příloha č. 39 - *Matice výhodnostních koeficientů – 5. část*

Z_{ij}	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		129,7	129,0	126,9	126,9	127,4	125,5	121,8	122,5	121,6	119,5	117,5	126,3	5,2	3,8	3,3
17			130,1	127,9	128,5	128,4	126,4	122,4	123,8	121,2	120,8	122,6	127,9	8,4	3,8	3,4
18				128,6	128,9	129,0	126,5	122,3	124,0	121,1	120,9	113,5	128,1	5,3	3,8	3,3
19					126,8	127,2	124,7	120,5	122,1	119,5	119,1	117,3	126,2	5,2	3,8	3,3
20						130,2	128,9	124,4	126,3	124,5	124,5	122,8	135,2	5,2	3,8	3,7
21							128,3	124,0	125,7	123,2	122,8	121,5	129,4	5,3	3,9	3,5
22								125,9	128,3	125,5	125,2	123,4	128,4	5,2	3,8	3,3
23									123,2	120,4	120,0	118,2	124,0	5,2	3,8	3,4
24										123,6	122,7	119,9	125,8	5,2	3,8	3,4
25											122,4	120,2	124,1	5,2	3,8	3,3
26												121,9	124,3	5,1	3,7	6,5
27													122,8	5,2	3,8	3,3
28														5,2	3,8	3,3
29															4,3	2,8
30																2,7
31																

Příloha č. 40 - *Matice výhodnostních koeficientů – 6. část*

Z_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
16	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,4	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,8	2,3	3,7	
17	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,6	2,9	1,2	1,4	0,4	4,5	62,9	2,4	3,7	
18	0,5	2,3	3,3	11,5	6,2	5,5	4,6	2,9	1,1	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
19	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,4	4,5	2,8	1,2	1,4	0,4	4,6	62,8	2,3	3,7	
20	0,4	2,1	3,2	11,4	6,2	5,5	4,5	2,8	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
21	0,5	2,4	3,3	11,6	6,3	5,6	4,7	3,0	1,3	1,5	0,5	4,7	63,0	2,5	3,8	
22	0,5	2,3	3,2	11,4	6,1	5,5	4,5	2,8	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
23	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,6	2,9	1,2	1,3	0,4	4,6	62,9	2,3	3,7	
24	0,4	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,1	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,9	2,4	3,7	
25	0,5	2,3	3,2	11,4	6,2	5,5	4,6	2,8	1,2	1,4	0,4	4,6	62,9	2,4	3,7	
26	0,4	2,2	3,1	11,4	6,1	5,4	4,5	2,8	1,2	1,3	0,4	4,5	62,8	2,3	3,7	
27	0,5	2,3	3,2	11,4	6,7	5,5	4,5	2,9	1,2	1,4	0,4	4,6	62,8	2,4	3,7	
28	0,5	3,6	3,2	11,4	6,1	5,4	4,5	2,8	1,1	1,4	0,4	4,6	62,9	2,3	3,7	
29	0,9	2,7	3,2	5,9	4,6	5,3	4,4	2,3	1,9	2,2	0,1	5,5	5,3	3,1	4,1	
30	1,5	3,2	3,8	4,4	3,4	4,1	3,8	2,4	2,0	2,7	0,0	4,2	3,8	3,1	3,7	
31	0,4	1,1	1,7	3,3	3,4	2,3	3,1	2,8	0,7	0,9	8,1	3,0	3,4	1,9	3,2	

Příloha č. 41 *- Matice výhodnostních koeficientů – 9. část*

Z_{ij}	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
32		2,5	3,1	1,1	0,4	0,8	0,5	0,4	1,6	2,3	1,1	0,9	0,5	1,6	0,4	
33			17,1	2,8	1,9	2,5	2,2	1,1	1,8	3,3	1,2	2,7	2,3	2,9	2,2	
34				4,0	2,3	3,0	2,9	1,7	2,4	4,0	1,8	3,0	3,2	3,5	2,8	
35					6,1	5,9	5,1	2,9	2,1	2,4	0,3	5,4	11,4	3,1	4,6	
36						5,1	4,2	2,8	1,2	1,4	0,4	4,2	6,2	2,4	3,7	
37							4,8	2,7	1,9	2,1	-0,7	4,9	5,5	3,0	4,3	
38								2,6	1,6	1,8	0,2	4,5	4,6	2,7	4,2	
39									1,0	1,0	0,4	2,5	2,9	1,9	2,7	
40										2,4	1,1	1,7	1,2	2,1	1,4	
41											1,0	2,2	1,4	2,8	1,7	
42												0,0	0,4	0,5	0,3	
43													4,6	2,9	4,1	
44														2,4	3,7	
45															2,5	
46																
32																

***Příloha č. 42** – Seřazené výhodnostní koeficienty*

Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
1.	140,9	2	12	51.	129,2	11	17	101.	126,9	16	19	151.	125,2	8	16
2.	139,9	1	2	52.	129,0	4	28	102.	126,9	1	13	152.	125,2	7	16
3.	138,0	1	12	53.	129,0	16	18	103.	126,8	19	20	153.	125,2	5	21
4.	136,9	1	20	54.	129,0	18	21	104.	126,8	12	22	154.	125,2	8	22
5.	135,2	20	28	55.	128,9	20	22	105.	126,8	8	12	155.	125,2	22	26
6.	134,4	1	28	56.	128,9	18	20	106.	126,7	7	18	156.	125,1	5	20
7.	134,4	2	20	57.	128,9	6	20	107.	126,7	7	28	157.	125,0	4	23
8.	133,5	1	11	58.	128,8	2	16	108.	126,6	8	20	158.	125,0	4	10
9.	133,5	1	21	59.	128,8	1	24	109.	126,5	6	7	159.	125,0	11	13
10.	133,0	1	18	60.	128,8	3	4	110.	126,5	6	16	160.	125,0	11	25
11.	133,0	12	20	61.	128,8	6	21	111.	126,5	18	22	161.	124,9	3	21
12.	132,4	1	4	62.	128,7	4	22	112.	126,5	2	8	162.	124,9	4	15
13.	132,4	1	17	63.	128,6	2	6	113.	126,4	17	22	163.	124,9	7	19
14.	132,0	2	28	64.	128,6	18	19	114.	126,4	7	17	164.	124,9	3	20
15.	131,6	1	6	65.	128,5	4	6	115.	126,4	3	16	165.	124,7	19	22
16.	131,5	1	19	66.	128,5	17	20	116.	126,3	20	24	166.	124,7	6	24
17.	131,4	1	22	67.	128,4	17	21	117.	126,3	16	28	167.	124,5	1	27
18.	131,2	1	16	68.	128,4	6	28	118.	126,3	3	17	168.	124,5	20	26
19.	131,0	12	18	69.	128,4	22	28	119.	126,3	8	18	169.	124,5	11	26
20.	130,8	11	20	70.	128,3	7	11	120.	126,2	1	10	170.	124,5	20	25
21.	130,7	2	18	71.	128,3	21	22	121.	126,2	1	25	171.	124,5	8	19
22.	130,7	4	12	72.	128,3	22	24	122.	126,2	19	28	172.	124,5	12	13
23.	130,7	11	21	73.	128,2	1	5	123.	126,2	11	23	173.	124,4	5	28
24.	130,5	2	21	74.	128,2	4	5	124.	126,2	3	12	174.	124,4	20	23
25.	130,5	12	28	75.	128,1	18	28	125.	126,1	6	8	175.	124,3	2	24
26.	130,4	2	11	76.	128,0	6	12	126.	126,0	5	17	176.	124,3	26	28
27.	130,4	12	17	77.	128,0	11	16	127.	126,0	6	19	177.	124,3	13	20
28.	130,3	4	11	78.	128,0	1	3	128.	126,0	8	17	178.	124,2	12	24
29.	130,2	20	21	79.	128,0	4	19	129.	126,0	4	9	179.	124,2	3	28
30.	130,2	4	16	80.	127,9	17	28	130.	126,0	8	28	180.	124,2	13	17
31.	130,2	1	7	81.	127,9	8	11	131.	125,9	4	24	181.	124,1	5	6
32.	130,1	2	17	82.	127,9	17	19	132.	125,9	5	11	182.	124,1	13	16
33.	130,1	6	11	83.	127,6	11	19	133.	125,9	5	16	183.	124,1	25	28
34.	130,1	11	22	84.	127,6	6	18	134.	125,9	22	23	184.	124,1	1	15
35.	130,1	11	28	85.	127,5	7	21	135.	125,9	1	26	185.	124,1	9	11
36.	130,1	2	4	86.	127,5	4	13	136.	125,8	3	18	186.	124,0	2	23
37.	130,1	17	18	87.	127,4	6	17	137.	125,8	24	28	187.	124,0	13	18
38.	129,9	4	17	88.	127,4	11	24	138.	125,7	3	11	188.	124,0	23	28
39.	129,8	11	12	89.	127,4	16	21	139.	125,7	21	24	189.	124,0	21	23
40.	129,8	1	8	90.	127,3	4	8	140.	125,7	5	12	190.	124,0	18	24
41.	129,7	4	18	91.	127,3	4	7	141.	125,6	1	9	191.	123,9	10	20
42.	129,7	16	17	92.	127,3	7	20	142.	125,6	5	18	192.	123,9	9	22
43.	129,7	12	16	93.	127,2	6	22	143.	125,6	2	3	193.	123,8	17	24
44.	129,6	4	21	94.	127,2	19	21	144.	125,5	10	11	194.	123,8	13	21
45.	129,5	12	19	95.	127,2	7	12	145.	125,5	22	25	195.	123,8	3	5
46.	129,5	12	21	96.	127,1	2	7	146.	125,5	16	22	196.	123,8	3	6
47.	129,4	11	18	97.	127,1	8	21	147.	125,5	10	22	197.	123,7	13	28
48.	129,4	21	28	98.	127,1	1	23	148.	125,3	7	8	198.	123,6	3	22
49.	129,3	4	20	99.	126,9	16	20	149.	125,3	7	22	199.	123,6	24	25
50.	129,3	2	19	100.	126,9	2	22	150.	125,2	2	5	200.	123,6	10	21

Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
201.	123,5	10	28	251.	122,1	11	15	301.	120,2	9	28	351.	117,7	3	14
202.	123,5	5	22	252.	122,1	19	24	302.	120,2	25	27	352.	117,7	5	14
203.	123,4	3	19	253.	122,1	3	13	303.	120,2	10	19	353.	117,7	8	14
204.	123,4	22	27	254.	122,1	9	21	304.	120,1	9	23	354.	117,7	14	19
205.	123,3	4	25	255.	122,1	7	13	305.	120,1	9	10	355.	117,7	10	14
206.	123,3	6	23	256.	122,0	10	18	306.	120,1	10	13	356.	117,6	5	26
207.	123,3	5	19	257.	121,9	26	27	307.	120,1	13	23	357.	117,6	9	14
208.	123,2	11	27	258.	121,8	10	16	308.	120,0	23	26	358.	117,6	14	23
209.	123,2	2	9	259.	121,8	16	23	309.	120,0	7	25	359.	117,6	3	26
210.	123,2	2	10	260.	121,8	10	23	310.	120,0	12	14	360.	117,6	9	26
211.	123,2	6	13	261.	121,7	6	26	311.	119,9	24	27	361.	117,5	16	27
212.	123,2	21	25	262.	121,7	12	15	312.	119,9	5	10	362.	117,5	7	14
213.	123,2	23	24	263.	121,6	16	25	313.	119,9	8	25	363.	117,5	14	25
214.	123,1	5	8	264.	121,5	15	16	314.	119,9	10	25	364.	117,5	15	23
215.	123,0	5	7	265.	121,5	15	17	315.	119,9	5	23	365.	117,4	10	15
216.	122,9	6	10	266.	121,5	21	27	316.	119,9	3	10	366.	117,3	19	27
217.	122,8	3	8	267.	121,5	12	25	317.	119,9	3	23	367.	117,0	14	28
218.	122,8	9	12	268.	121,4	15	20	318.	119,8	14	20	368.	117,0	14	26
219.	122,8	21	26	269.	121,4	14	22	319.	119,7	7	26	369.	116,1	3	27
220.	122,8	13	22	270.	121,3	8	23	320.	119,6	14	17	370.	115,6	5	27
221.	122,8	12	23	271.	121,3	15	18	321.	119,6	2	15	371.	115,5	14	15
222.	122,8	13	15	272.	121,3	11	14	322.	119,6	14	16	372.	115,2	9	27
223.	122,8	27	28	273.	121,2	17	25	323.	119,6	10	26	373.	115,1	14	27
224.	122,8	20	27	274.	121,2	12	26	324.	119,5	16	26	374.	115,1	15	25
225.	122,7	2	25	275.	121,2	7	23	325.	119,5	14	21	375.	114,8	13	27
226.	122,7	4	14	276.	121,2	9	24	326.	119,5	8	26	376.	114,6	15	26
227.	122,7	10	24	277.	121,1	15	22	327.	119,5	14	18	377.	113,5	18	27
228.	122,7	3	7	278.	121,1	8	10	328.	119,5	19	25	378.	112,4	15	27
229.	122,7	24	26	279.	121,1	13	24	329.	119,4	5	15	379.	63,0	21	44
230.	122,6	9	20	280.	121,1	18	25	330.	119,4	6	14	380.	62,9	2	44
231.	122,6	4	26	281.	121,0	15	21	331.	119,4	3	15	381.	62,9	4	44
232.	122,6	7	24	282.	120,9	18	26	332.	119,3	8	15	382.	62,9	8	44
233.	122,6	17	27	283.	120,9	5	9	333.	119,3	15	19	383.	62,9	14	44
234.	122,5	9	17	284.	120,9	7	10	334.	119,2	7	15	384.	62,9	17	44
235.	122,5	8	24	285.	120,9	3	9	335.	119,1	14	24	385.	62,9	24	44
236.	122,5	16	24	286.	120,9	9	13	336.	119,1	19	26	386.	62,9	3	44
237.	122,5	10	12	287.	120,8	3	24	337.	118,8	12	27	387.	62,9	15	44
238.	122,4	9	16	288.	120,8	4	27	338.	118,5	9	25	388.	62,9	18	44
239.	122,4	17	23	289.	120,8	5	24	339.	118,5	15	24	389.	62,9	22	44
240.	122,4	25	26	290.	120,8	17	26	340.	118,3	8	27	390.	62,9	25	44
241.	122,4	1	14	291.	120,8	2	13	341.	118,2	7	27	391.	62,9	20	44
242.	122,4	9	18	292.	120,8	15	28	342.	118,2	3	25	392.	62,9	23	44
243.	122,3	18	23	293.	120,5	8	9	343.	118,2	23	27	393.	62,9	28	44
244.	122,3	2	26	294.	120,5	19	23	344.	118,1	5	25	394.	62,8	19	44
245.	122,3	6	9	295.	120,5	9	19	345.	118,1	13	14	395.	62,8	27	44
246.	122,2	8	13	296.	120,4	7	9	346.	118,1	9	15	396.	62,8	5	44
247.	122,2	5	13	297.	120,4	2	27	347.	118,0	13	25	397.	62,8	6	44
248.	122,2	6	25	298.	120,4	23	25	348.	117,9	2	14	398.	62,8	10	44
249.	122,2	10	17	299.	120,3	6	27	349.	117,9	13	26	399.	62,8	11	44
250.	122,2	13	19	300.	120,3	6	15	350.	117,7	10	27	400.	62,8	16	44

Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
401.	62,8	12	44	451.	6,2	11	36	501.	5,4	7	37	551.	4,6	29	36
402.	62,8	1	44	452.	6,2	15	36	502.	5,4	8	29	552.	4,6	35	46
403.	62,8	13	44	453.	6,2	16	36	503.	5,4	35	43	553.	4,6	10	43
404.	62,8	26	44	454.	6,2	17	36	504.	5,3	21	29	554.	4,6	11	43
405.	62,7	7	44	455.	6,2	20	36	505.	5,3	29	44	555.	4,6	14	43
406.	62,6	9	44	456.	6,2	24	36	506.	5,3	15	29	556.	4,6	15	38
407.	17,1	33	34	457.	6,2	25	36	507.	5,3	18	29	557.	4,6	18	38
408.	11,6	21	35	458.	6,2	36	44	508.	5,3	29	37	558.	4,6	19	43
409.	11,5	8	35	459.	6,2	3	36	509.	5,2	22	29	559.	4,6	20	43
410.	11,5	18	35	460.	6,2	13	36	510.	5,2	25	29	560.	4,6	23	43
411.	11,4	2	35	461.	6,2	14	36	511.	5,2	28	29	561.	4,6	25	38
412.	11,4	5	35	462.	6,2	19	36	512.	5,2	2	29	562.	4,6	28	43
413.	11,4	10	35	463.	6,1	1	36	513.	5,2	4	29	563.	4,5	4	43
414.	11,4	11	35	464.	6,1	12	36	514.	5,2	9	29	564.	4,5	6	43
415.	11,4	15	35	465.	6,1	22	36	515.	5,2	11	29	565.	4,5	17	43
416.	11,4	20	35	466.	6,1	26	36	516.	5,2	14	29	566.	4,5	16	43
417.	11,4	22	35	467.	6,1	28	36	517.	5,2	19	29	567.	4,5	24	43
418.	11,4	24	35	468.	6,1	35	36	518.	5,2	20	29	568.	4,5	1	43
419.	11,4	25	35	469.	6,1	7	36	519.	5,2	23	29	569.	4,5	2	38
420.	11,4	27	35	470.	5,9	29	35	520.	5,2	27	29	570.	4,5	3	38
421.	11,4	35	44	471.	5,9	35	37	521.	5,2	5	29	571.	4,5	3	43
422.	11,4	14	35	472.	5,6	21	37	522.	5,2	10	29	572.	4,5	5	38
423.	11,4	19	35	473.	5,5	20	37	523.	5,2	24	29	573.	4,5	6	38
424.	11,4	23	35	474.	5,5	29	43	524.	5,2	12	29	574.	4,5	9	43
425.	11,4	28	35	475.	5,5	2	37	525.	5,2	6	29	575.	4,5	10	38
426.	11,4	3	35	476.	5,5	4	37	526.	5,2	16	29	576.	4,5	11	38
427.	11,4	4	35	477.	5,5	27	37	527.	5,1	1	29	577.	4,5	12	38
428.	11,4	6	35	478.	5,5	5	37	528.	5,1	3	29	578.	4,5	12	43
429.	11,4	9	35	479.	5,5	8	37	529.	5,1	13	29	579.	4,5	13	43
430.	11,4	16	35	480.	5,5	17	37	530.	5,1	26	29	580.	4,5	14	38
431.	11,4	17	35	481.	5,5	24	37	531.	5,1	7	29	581.	4,5	15	43
432.	11,4	13	35	482.	5,5	3	37	532.	5,1	35	38	582.	4,5	20	38
433.	11,4	26	35	483.	5,5	12	37	533.	5,1	36	37	583.	4,5	22	38
434.	11,4	1	35	484.	5,5	13	37	534.	4,9	37	43	584.	4,5	26	43
435.	11,4	12	35	485.	5,5	14	37	535.	4,8	37	38	585.	4,5	27	38
436.	11,3	7	35	486.	5,5	18	37	536.	4,7	21	43	586.	4,5	28	38
437.	8,4	17	29	487.	5,5	22	37	537.	4,7	21	38	587.	4,5	38	43
438.	8,1	31	42	488.	5,5	23	37	538.	4,6	8	43	588.	4,5	19	38
439.	6,7	27	36	489.	5,5	25	37	539.	4,6	18	43	589.	4,5	9	38
440.	6,5	26	31	490.	5,5	37	44	540.	4,6	43	44	590.	4,5	16	38
441.	6,3	21	36	491.	5,5	9	37	541.	4,6	2	43	591.	4,5	13	38
442.	6,2	8	36	492.	5,5	10	37	542.	4,6	4	38	592.	4,5	26	38
443.	6,2	18	36	493.	5,5	15	37	543.	4,6	5	43	593.	4,4	1	38
444.	6,2	23	36	494.	5,4	28	37	544.	4,6	22	43	594.	4,4	7	43
445.	6,2	2	36	495.	5,4	1	37	545.	4,6	27	43	595.	4,4	29	38
446.	6,2	4	36	496.	5,4	6	37	546.	4,6	8	38	596.	4,4	2	31
447.	6,2	5	36	497.	5,4	11	37	547.	4,6	17	38	597.	4,4	7	38
448.	6,2	6	36	498.	5,4	16	37	548.	4,6	23	38	598.	4,4	30	35
449.	6,2	9	36	499.	5,4	26	37	549.	4,6	25	43	599.	4,3	29	30
450.	6,2	10	36	500.	5,4	19	37	550.	4,6	38	44	600.	4,3	37	46

Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
601.	4,2	2	39	651.	3,7	23	46	701.	3,3	9	31	751.	2,9	8	39
602.	4,2	30	43	652.	3,7	28	46	702.	3,3	13	31	752.	2,9	17	39
603.	4,2	36	38	653.	3,7	1	46	703.	3,3	16	31	753.	2,9	18	39
604.	4,2	38	46	654.	3,7	2	46	704.	3,3	21	34	754.	2,9	27	39
605.	4,2	36	43	655.	3,7	3	46	705.	3,3	12	31	755.	2,9	39	44
606.	4,1	24	38	656.	3,7	4	46	706.	3,3	31	35	756.	2,9	23	39
607.	4,1	29	46	657.	3,7	6	46	707.	3,3	33	41	757.	2,9	33	45
608.	4,1	30	37	658.	3,7	7	30	708.	3,3	18	34	758.	2,9	35	39
609.	4,1	43	46	659.	3,7	11	46	709.	3,2	7	31	759.	2,9	43	45
610.	4,0	34	35	660.	3,7	12	46	710.	3,2	2	34	760.	2,8	12	39
611.	4,0	34	41	661.	3,7	13	46	711.	3,2	4	34	761.	2,8	5	39
612.	3,9	21	30	662.	3,7	16	46	712.	3,2	8	34	762.	2,8	6	39
613.	3,8	2	30	663.	3,7	17	46	713.	3,2	15	34	763.	2,8	11	39
614.	3,8	21	46	664.	3,7	18	46	714.	3,2	17	34	764.	2,8	16	39
615.	3,8	14	39	665.	3,7	22	46	715.	3,2	20	34	765.	2,8	15	39
616.	3,8	15	30	666.	3,7	24	46	716.	3,2	22	34	766.	2,8	24	39
617.	3,8	30	34	667.	3,7	25	46	717.	3,2	25	34	767.	2,8	33	35
618.	3,8	30	44	668.	3,7	27	46	718.	3,2	27	34	768.	2,8	34	46
619.	3,8	3	30	669.	3,7	36	46	719.	3,2	28	34	769.	2,8	36	39
620.	3,8	4	30	670.	3,7	9	46	720.	3,2	29	34	770.	2,8	29	31
621.	3,8	5	30	671.	3,7	14	46	721.	3,2	34	44	771.	2,8	41	45
622.	3,8	8	30	672.	3,7	15	46	722.	3,2	31	46	772.	2,8	31	39
623.	3,8	14	30	673.	3,7	19	46	723.	3,2	23	34	773.	2,8	1	39
624.	3,8	17	30	674.	3,7	26	46	724.	3,2	3	34	774.	2,8	3	39
625.	3,8	18	30	675.	3,6	28	33	725.	3,2	5	34	775.	2,8	4	39
626.	3,8	20	30	676.	3,6	7	46	726.	3,2	6	34	776.	2,8	9	39
627.	3,8	22	30	677.	3,5	21	31	727.	3,2	9	34	777.	2,8	10	39
628.	3,8	23	30	678.	3,5	34	45	728.	3,2	10	34	778.	2,8	13	39
629.	3,8	24	30	679.	3,4	23	31	729.	3,2	11	34	779.	2,8	19	39
630.	3,8	25	30	680.	3,4	30	36	730.	3,2	14	34	780.	2,8	20	39
631.	3,8	27	30	681.	3,4	3	31	731.	3,2	16	34	781.	2,8	22	39
632.	3,8	13	30	682.	3,4	4	31	732.	3,2	19	34	782.	2,8	25	39
633.	3,8	12	30	683.	3,4	5	31	733.	3,2	24	34	783.	2,8	26	39
634.	3,8	28	30	684.	3,4	6	31	734.	3,2	30	33	784.	2,8	28	39
635.	3,8	9	30	685.	3,4	11	31	735.	3,1	12	34	785.	2,7	38	45
636.	3,8	10	30	686.	3,4	17	31	736.	3,1	26	34	786.	2,7	39	46
637.	3,8	6	30	687.	3,4	24	31	737.	3,1	32	34	787.	2,7	29	33
638.	3,8	11	30	688.	3,4	31	44	738.	3,1	35	45	788.	2,7	30	41
639.	3,8	16	30	689.	3,4	31	36	739.	3,1	30	45	789.	2,7	33	43
640.	3,8	19	30	690.	3,3	8	31	740.	3,1	31	38	790.	2,7	30	31
641.	3,8	30	38	691.	3,3	10	31	741.	3,1	1	34	791.	2,7	37	39
642.	3,7	1	30	692.	3,3	14	31	742.	3,1	13	34	792.	2,7	7	39
643.	3,7	26	30	693.	3,3	15	31	743.	3,1	7	34	793.	2,6	38	39
644.	3,7	5	46	694.	3,3	18	31	744.	3,1	29	45	794.	2,5	32	33
645.	3,7	8	46	695.	3,3	19	31	745.	3,0	31	43	795.	2,5	33	37
646.	3,7	20	31	696.	3,3	22	31	746.	3,0	34	43	796.	2,5	39	43
647.	3,7	20	46	697.	3,3	25	31	747.	3,0	37	45	797.	2,5	21	45
648.	3,7	44	46	698.	3,3	28	31	748.	3,0	21	39	798.	2,5	45	46
649.	3,7	30	46	699.	3,3	27	31	749.	3,0	34	37	799.	2,4	5	45
650.	3,7	10	46	700.	3,3	1	31	750.	2,9	34	38	800.	2,4	20	45

Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa		Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
801.	2,4	21	33	851.	2,3	27	33	901.	1,4	14	41	951.	1,1	40	42
802.	2,4	40	41	852.	2,3	29	39	902.	1,4	36	41	952.	1,1	7	40
803.	2,4	2	45	853.	2,3	31	37	903.	1,4	40	46	953.	1,1	33	39
804.	2,4	3	45	854.	2,3	33	44	904.	1,3	5	41	954.	1,0	39	40
805.	2,4	4	45	855.	2,2	13	33	905.	1,3	9	41	955.	1,0	39	41
806.	2,4	8	45	856.	2,2	6	33	906.	1,3	10	41	956.	1,0	41	42
807.	2,4	17	45	857.	2,2	9	33	907.	1,3	11	41	957.	0,9	32	43
808.	2,4	18	45	858.	2,2	10	33	908.	1,3	12	41	958.	0,9	31	41
809.	2,4	22	45	859.	2,2	11	33	909.	1,3	15	41	959.	0,9	29	32
810.	2,4	24	45	860.	2,2	29	41	910.	1,3	23	41	960.	0,9	9	40
811.	2,4	25	45	861.	2,2	33	38	911.	1,3	24	41	961.	0,8	32	37
812.	2,4	27	45	862.	2,2	1	33	912.	1,3	6	41	962.	0,7	31	40
813.	2,4	34	40	863.	2,2	26	33	913.	1,3	1	41	963.	0,5	21	32
814.	2,4	9	45	864.	2,2	33	46	914.	1,3	3	41	964.	0,5	21	42
815.	2,4	10	45	865.	2,2	41	43	915.	1,3	16	41	965.	0,5	32	38
816.	2,4	13	45	866.	2,1	20	33	916.	1,3	21	40	966.	0,5	42	45
817.	2,4	15	45	867.	2,1	7	33	917.	1,3	13	41	967.	0,5	4	32
818.	2,4	44	45	868.	2,1	35	40	918.	1,3	26	41	968.	0,5	5	32
819.	2,4	35	41	869.	2,1	40	45	919.	1,3	7	41	969.	0,5	8	32
820.	2,4	30	39	870.	2,1	37	41	920.	1,2	8	40	970.	0,5	9	32
821.	2,4	36	45	871.	2,0	30	40	921.	1,2	23	40	971.	0,5	10	32
822.	2,3	12	45	872.	1,9	37	40	922.	1,2	33	42	972.	0,5	12	32
823.	2,3	14	45	873.	1,9	31	45	923.	1,2	4	40	973.	0,5	15	32
824.	2,3	23	45	874.	1,9	29	40	924.	1,2	17	40	974.	0,5	17	32
825.	2,3	28	45	875.	1,9	33	36	925.	1,2	27	40	975.	0,5	18	32
826.	2,3	6	45	876.	1,9	39	45	926.	1,2	2	40	976.	0,5	22	32
827.	2,3	11	45	877.	1,8	34	42	927.	1,2	5	40	977.	0,5	23	32
828.	2,3	16	45	878.	1,8	33	40	928.	1,2	6	40	978.	0,5	25	32
829.	2,3	34	36	879.	1,8	38	41	929.	1,2	10	40	979.	0,5	27	32
830.	2,3	32	41	880.	1,7	31	34	930.	1,2	11	40	980.	0,5	28	32
831.	2,3	1	45	881.	1,7	34	39	931.	1,2	14	40	981.	0,5	32	44
832.	2,3	19	45	882.	1,7	41	46	932.	1,2	15	40	982.	0,4	32	46
833.	2,3	22	33	883.	1,7	40	43	933.	1,2	16	40	983.	0,4	20	32
834.	2,3	26	45	884.	1,6	38	40	934.	1,2	20	40	984.	0,4	2	42
835.	2,3	24	33	885.	1,6	32	40	935.	1,2	22	40	985.	0,4	2	32
836.	2,3	2	33	886.	1,6	32	45	936.	1,2	24	40	986.	0,4	3	42
837.	2,3	3	33	887.	1,5	21	41	937.	1,2	25	40	987.	0,4	4	42
838.	2,3	4	33	888.	1,5	30	32	938.	1,2	40	44	988.	0,4	5	42
839.	2,3	5	33	889.	1,4	8	41	939.	1,2	36	40	989.	0,4	6	32
840.	2,3	7	45	890.	1,4	25	41	940.	1,2	3	40	990.	0,4	6	42
841.	2,3	8	33	891.	1,4	41	44	941.	1,2	13	40	991.	0,4	8	42
842.	2,3	12	33	892.	1,4	2	41	942.	1,2	19	40	992.	0,4	9	42
843.	2,3	14	33	893.	1,4	18	41	943.	1,2	26	40	993.	0,4	11	32
844.	2,3	15	33	894.	1,4	20	41	944.	1,1	1	40	994.	0,4	11	42
845.	2,3	16	33	895.	1,4	22	41	945.	1,1	12	40	995.	0,4	13	32
846.	2,3	17	33	896.	1,4	28	41	946.	1,1	18	40	996.	0,4	13	42
847.	2,3	18	33	897.	1,4	4	41	947.	1,1	28	40	997.	0,4	14	32
848.	2,3	19	33	898.	1,4	17	41	948.	1,1	32	35	998.	0,4	16	32
849.	2,3	23	33	899.	1,4	19	41	949.	1,1	31	33	999.	0,4	16	42
850.	2,3	25	33	900.	1,4	27	41	950.	1,1	32	42	1000.	0,4	17	42

Pořadí	Z_{ij}	Trasa	
1001.	0,4	18	42
1002.	0,4	20	42
1003.	0,4	24	32
1004.	0,4	24	42
1005.	0,4	27	42
1006.	0,4	42	44
1007.	0,4	32	36
1008.	0,4	32	39
1009.	0,4	3	32
1010.	0,4	31	32
1011.	0,4	36	42
1012.	0,4	39	42
1013.	0,4	1	32
1014.	0,4	1	42
1015.	0,4	12	42
1016.	0,4	14	42
1017.	0,4	15	42
1018.	0,4	19	32
1019.	0,4	19	42
1020.	0,4	22	42
1021.	0,4	23	42
1022.	0,4	25	42
1023.	0,4	26	32
1024.	0,4	26	42
1025.	0,4	28	42
1026.	0,4	10	42
1027.	0,3	7	32
1028.	0,3	35	42
1029.	0,3	7	42
1030.	0,3	42	46
1031.	0,2	38	42
1032.	0,1	29	42
1033.	0,0	30	42
1034.	0,0	42	43