

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Optimalizace dopravních tras firmy ZEA Sedmihorky,
spol. s r.o.**

Anežka Štěrbová

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anežka Štěrbová

Ekonomika a management

Název práce

Optimalizace dopravních tras firmy ZEA Sedmihorky spol. s.r.o.

Název anglicky

Optimization of transport routes company's ZEA Sedmihorky spol. s.r.o.

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce bude najít optimalizovaný model pro dopravní trasy firmy ZEA Sedmihorky, spol. s. r. o., provést analýzu nákladů, navrhnout nejvýhodnější trasu pro rozvoz osiv a krmných směsí. V rámci práce bude také vytvořeno distribuční schéma a snaha minimalizovat náklady na dopravu.

Metodika

Bakalářská práce bude rozdělena do dvou částí.

V teoretické části bude představená firma, kterou se budu v této práci zabývat, dále budou popsány metody okružního dopravního problému a upřesněny základní pojmy.

V praktická část bude vytvořen dopravní model firmy ZEA Sedmihorky, spol. s.r.o., která se zabývá expedicí krmných směsí a osiv. Následně bude provedená optimalizace pomocí metod, budou vybrány nejvýhodnější trasy z hlediska minimalizace nákladu a porovnání se skutečnými náklady firmy.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

okružní dopravní problém, logistika, trasa, náklady

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA. Základní metody operační analýzy. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003. ISBN 80-213-0951-2.

ŠTŮSEK, Jaromír, 2005. Logistický management. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. ISBN 80-213-1259-9.

ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-762-7.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 ZS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Lucie Chytilová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 02. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Optimalizace dopravních tras firmy ZEA Sedmihorky, spol. s r.o." jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.03.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní doktorce Lucii Chytilové za její milý a ochotný přístup. Dále také za skvělé rady, které mi ohledně této práce poskytla.

Optimalizace dopravních tras firmy ZEA Sedmihorky, spol. s r.o.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je najít nejvhodnější model pro dopravní trasy firmy ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., provést analýzu nákladů a navrhnout nejlepší trasu pro rozvoz osiv a krmných směsí. V rámci bakalářské práce je také vytvořeno distribuční schéma a snaha minimalizovat vzdálenost, náklady a čas na dopravu.

V této bakalářské práci jsou prezentovány témata jako je logistika, doprava a její využití a okružní dopravní problém. Tento problém je rozdělen na jednookruhový a víceokruhový. U každé kategorie je představena minimálně jedna metoda, která poskytuje optimální řešení tohoto problému.

Některé z představených metod jsou využity k navržení nejlepší trasy pro rozvoz osiv, kterým se zabývá firma ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. První využitou metodou je metoda nejbližšího souseda, která poskytla přípustné řešení, nikoliv však nejlepší. Nejlepší řešení je navrženo pomocí Vogelovy aproximační metody. Výsledné trasy jsou porovnány s reálně uskutečněnou trasou z hlediska vzdálenosti, času i nákladů na spotřebu paliva.

Z výsledného šetření je zjištěno, že trasa navržená pomocí Vogelovy aproximační metody, jak již bylo řečeno, je nejlepší ze všech porovnaných hledisek. Tento výsledek je předán firmě ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., která výslednou trasu realizuje v nejbližším termínu a následně sdělí své hodnocení daného řešení.

Klíčová slova: Okružní dopravní problém, logistika, trasa, náklady, Aproximační metody, optimální trasy.

Optimization of transport routes company's ZEA Sedmihorky, spol. s r.o.

Abstract

This bachelor's thesis aims to find the most suitable model for ZEA Sedmihorky, spol. s r.o.'s transport routes, perform a cost analysis and propose the best route for delivering seeds and feed mixtures. As part of the bachelor's thesis, a distribution scheme is also created, and an effort is made to minimise the distance, cost, and transport time.

This bachelor's thesis presents logistics, transport, its use, and the circular transport problem. The problem is divided into single-circuit and multi-circuit categories. For each category, at least one method is presented that provides an optimal solution.

Some of the presented methods are used to design the best route for seed distribution, which is dealt with by the company ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. The nearest neighbour method was the first method, which provided a solution but could have been better. The best solution is proposed using the Vogel approximation method. The resulting routes are compared with the actual routes regarding distance, time, and fuel consumption costs.

From the resulting investigation, it is found that the route designed using Vogel's approximation method, as already said, is the best from all the compared points of view. This result is forwarded to ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., which implements the resulting route as soon as possible and then communicates its evaluation of the given solution.

Keywords: Circuit transportation problem, logistics, route, costs, Approximation methods, optimal routes.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika	10
3 Teoretická část práce	12
3.1 Logistika.....	12
3.2 Doprava a její využití	13
3.3 Okružní dopravní problémy	16
3.3.1 Metoda nejbližšího souseda	19
3.3.2 Vogelova aproximační metoda (metoda VAM)	20
3.4 Vícekruhový okružní dopravní problém	21
4 Vlastní práce	24
4.1 Doručovací adresy.....	24
4.2 Metoda nejbližšího souseda	26
4.3 Vogelova aproximační metoda (VAM)	34
5 Výsledky a diskuse	43
5.1 Porovnání délky vytvořených tras s realizovanou trasou z hlediska ujetých kilometrů	43
5.2 Porovnání vytvořených tras s realizovanou trasou z hlediska času	44
5.3 Analýza nákladů.....	44
6 Závěr	47
7 Seznam použitých zdrojů	48
7.1 Knižní zdroje.....	48
7.2 Elektronické zdroje	48
8 Seznam obrázků; Seznam tabulek; Seznam použitých zkratk	50
Přílohy.....	52

1 Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci dopravních tras v rodinné zemědělské firmě ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., která se zabývá rozvozem osiv a výrobou krmných směsí. Cílem této bakalářské práce je najít optimální trasu na rozvoz osiv a navrhnout dané firmě realizování výsledné trasy.

Téma této bakalářské práce je velmi důležité pro logistiku. Logistika, potažmo plánování tras, je nedílnou součástí tohoto podnikání. A obecně je plánování tras velmi důležité pro všechny firmy, které se zabývají distribucí. S tímto problémem by jim měl pomoci okružní dopravní problém, který na základě matematického programování optimalizuje trasy. Zpracování tohoto tématu by tak mohlo firmě pomoci lépe naplánovat trasy pro rozvoz osiv. Výsledná optimální trasa by mohla nejen ušetřit čas, ujeté kilometry, ale i náklady na opotřebení automobilu a využití řidičů.

Tato bakalářská práce je rozdělená do dvou hlavních částí, teoretické a praktické. Má však také úvod, cíl a metodiku a na konci jsou uvedeny výsledky, jejich diskuse a závěr. Teoretická část se věnuje představení jednotlivých okruhů, které souvisí s tématem. Dané podkapitoly řeší témata jako logistika, doprava a její využití, dále se bakalářská práce věnuje optimalizaci distribučních úloh. V této podkapitole jsou představeny jednotlivé metody, které slouží k optimalizaci dopravních tras. A u každé metody je rovněž graficky znázorněný postup, jak s jednotlivou metodou pracovat.

Praktická část, resp. vlastní práce se nejdříve zabývá představením firmy, které se tato bakalářská práce týká. Dále se pak věnuje samotným výpočtům představených metod z teoretické části. Nakonec je vybrána nejlepší metoda a nejvýhodnější trasa, jsou představeny a diskutovány rozdíly, výhody a nevýhody mezi novou a současnou variantou. V závěru práce je pak výsledná optimální trasa doporučena dané firmě k využívání a je diskutováno její uvedení do praxe.

2 Cíl práce a metodika

Tato práce se soustředí na studium a následnou aplikaci v praxi jedné z ekonomicko-matematických metod. Konkrétně se jedná o okružní dopravní problémy a témata s tím spojená.

2.1 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout pomocí metod okružního dopravního problému nejlepší trasu pro rozvoz osiv, kterým se zabývá společnost ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. Dále pak tento návrh porovnat s reálně uskutečněnými cestami a na základě údajů vyhodnotit, která trasa je nejlepší. Rovněž, se tato bakalářská práce snaží o optimalizaci nákladů na cesty spojené s rozvozem osiv.

2.2 Metodika

Tato bakalářská práce navrhuje optimální trasu pro rozvoz osiv společnosti ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. V teoretické části jsou představeny pojmy logistika, doprava a její využití. Poté je představena problematika distribučních úloh. A následně je představen okružní dopravní problém a jednotlivé metody, které jsou využity pro výpočty v praktické části.

Praktická část bakalářské práce je klíčovou částí a věnuje se představení dané firmy. Trasy jsou navrženy pomocí distribuční úlohy, a to konkrétně pomocí metod okružního dopravního problému. Výsledné trasy se porovnají se skutečně realizovanou trasou a vyhodnotí se, která trasa je pro firmu optimální. Úlohy se řeší pomocí metod okružního dopravního problému, jelikož je žádoucí naplánovat trasu pro rozvoz osiv a je potřebné, aby cesta začínala i končila ve výchozím bodě, kdy se ve většině případech jedná o sklad. Informace ohledně míst, která jsou zapotřebí navštívit jsou obsažena v expedičním listu, který je v Příloze bakalářské práce.

První využitou metodou je metoda nejbližšího souseda. Tato metoda však poskytuje ve většině případech řešení, které se pouze přibližuje tomu optimálnímu, a to jak v počtu najetých kilometrů, tak i časově. Ve výjimečných případech je možné, že tato metoda poskytne řešení optimální. Prvním krokem je sestavení matice sazeb s obsahem jednotlivých míst, která jsou zapotřebí navštívit a také vzdálenosti mezi těmito místy. Dále se pak vybírá

místo s nejnižší sazbou, tedy s nejmenším počtem kilometrů. Takto se řeší celá úloha do doby, kdy se trasa vrátí zpět do výchozího místa.

Druhá využitá metoda je Vogelova aproximační metoda, zkráceně VAM. Tato metoda poskytuje často optimální řešení nebo řešení blízka optimálnímu. Je řešena pomocí sloupcových a řádkových diferencí, které jsou po každém kroku přepočítány. V každém kroku jsou vybrány vždy řádky či sloupce s nejvyšší diferencí a dále je vybráno místo s nejmenší sazbou. Na konci postupu opět vzniká trasa, která začíná i končí ve výchozím bodě.

Pomocí těchto metod je firmě navržena trasa, která je nejlepší z hlediska času a počtu najetých kilometrů. V kapitole výsledky a diskuze je také provedená analýza nákladu na spotřebu paliva a náklady na palivo. Po vyhodnocení nejlepší trasy je tato trasa předána firmě, která se v co nejbližším termínu pokusí zrealizovat danou trasu, poté poskytne hodnocení a vlastní názor.

3 Teoretická část práce

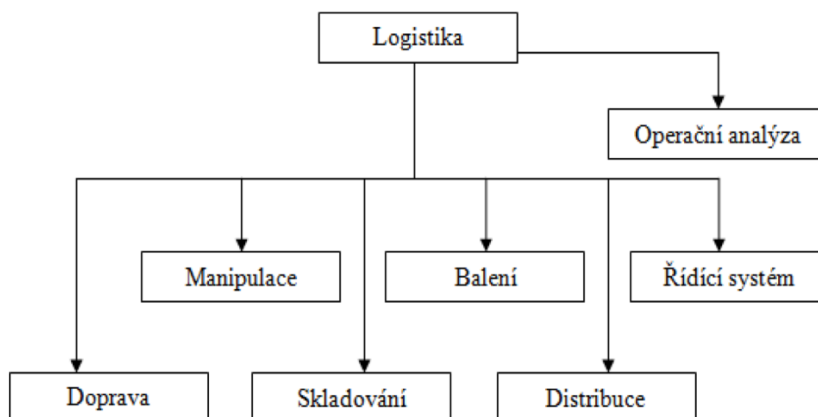
V této kapitole je definován pojem logistika a jeho důležitost. Dále se kapitola věnuje dopravě, která je klíčovým prvkem logistiky. V praxi je logistika jednou z nejzásadnějších otázek podnikání. Obzvláště během covidu byla dopravní logistika velmi využívána a dopravní firmy měly mnoho práce, jelikož většina obchodů byla zavřená, zboží se tak objednávalo přes internet a zákazníkům se dováželo až do domu. Následně je představena problematika distribučních úloh. Konkrétně se jedná o okružní dopravní problém. Dopravní firmy využívaly nové algoritmy k řešení nadprůměrné dopravy a využívaly tak, někdy i nevědomky, některé z metod okružního dopravního problému. Cílem těchto metod je naplánovat nejlepší trasu mezi dodavatelem a odběrateli a nalézt způsob, jak sestavit plán okružního dopravního problému, tak aby byl co nejvýhodnější, a to jak z hlediska časového, tak finančního. (Brožová a Houška, 2003, s. 156)

3.1 Logistika

„Logistika představuje strategické řízení funkčnosti, účinnosti a efektivity hmotného toku surovin, polotovarů a zboží s cílem dodržet časové, místní, kvalitativní a hodnotové parametry požadované zákazníkem. Jeho nedílnou součástí je informační tok propojující vzájemně logistické články od poskytování produktů zákazníkům (zboží, služby, přeprava, dodávky) až po získání zdrojů.“ (Štůsek, 2005, s. 4)

Logistika je složená z různých odvětví dohromady. Zahrnuje plánování, organizování, řízení a optimalizaci toku zboží, informací a služeb v rámci dodavatelsko-spotřebitelských vztahů. V dnešní době je to velmi důležitý článek pro obchod a průmysl, který zajišťuje dopravu mezi výrobcem a zákazníkem. Má také za úkol optimalizovat jednotlivé činnosti logistiky a náklady. (Daněk, 2006, s. 10–11) Znázornění logistických oblastí je prezentováno diagramem na Obrázku 1 níže.

Obrázek 1 Rámcové vztahy mezi logistikou oběhových procesů



Zdroj: Řezníček (2002)

Na Obrázku 1 jsou diagramem znázorněny rámcové vztahy mezi logistikou oběhových procesů. Je zde možné vidět, že pojem logistika se skládá z různých odvětví, jako je operační analýza, dále pak doprava, manipulace, balení, skladování, distribuce, řídicí systém. Pro tuto bakalářskou práci jsou velmi důležité oblasti dopravy a také distribuce.

Distribuční logistika se zaměřuje na pohyb zboží z výrobního místa ke spotřebiteli. Distribuce není pouze jen doprava, i když doprava je nejdůležitější část distribuce. Týká se jí také i skladování zboží, řízení pohybu, správné balení zboží, zákaznický servis, optimalizace nákladů, řízení zásob nebo se může věnovat také i obrácenému procesu, což znamená například sběr materiálů pro recyklaci nebo soz zboží, které bylo poškozené dopravou.

Distribuční logistika je velmi důležitá pro dodavatelské řetězce a může mít vliv na konkurenceschopnost a spokojenost zákazníka. Cílem je rychlé dodání zboží k zákazníkovi s minimálními náklady. (Štůsek, 2005, s. 126–128) Distribuční logistika využívá i tzv. distribuční modely, které patří mezi lineární optimalizační modely. Nejznámější modely jsou právě dopravní modely, které mají za úkol nalézt optimální způsob přepravy. (Brožová a Houška, 2003, s. 128) Více o tomto tématu je zmíněno v kapitole 3.3.

3.2 Doprava a její využití

Doprava je klíčovým prvkem logistiky. Může zajišťovat dopravu lidí, zboží a informací z jednoho místa na druhé. Doprava může také přispět k lepšímu zákaznickému servisu, a tím i k větší konkurenceschopnosti.

Existuje mnoho druhů dopravy a každý druh má určité výhody a nevýhody:

- silniční doprava – Jedná se o činnost, která slouží k přepravě osob, zvířat či různého zboží motorovými vozidly, které využívají pozemní komunikace. (Dundr, 2018) Pozitivní stránka této dopravy je schopnost dostat např. osoby, zvířata či zboží na libovolné místo dle potřeby. Za nevýhodu je možné považovat hustý provoz na pozemních komunikacích. S hustým provozem souvisí větší znečišťování ovzduší. V poslední době také výrazně vzrostly náklady na silniční dopravu, což je možné považovat za další nevýhodu.
- železniční doprava – Jedná se o klíčový prvek dopravy, který využívá síť železnic a kolejových tratí. Výhodou této dopravy je, že dokáže přepravit po kolejích velké množství lidí i zboží. Jako nevýhodu lze vnímat omezení pohybu pouze na železničních tratích, což znamená, že není schopná přepravit svůj náklad na libovolná místa podle potřeby.
- letecká doprava – Tato doprava se dá považovat za nejrychlejší a je výhodné ji využít na dlouhé vzdálenosti. Mělo by se také jednat o nejbezpečnější způsob dopravy. Nevýhodou letecké dopravy mohou být vysoké ceny. Za tu největší nevýhodu je možné rovněž považovat vliv na životní prostředí.
- lodní doprava – V České republice je tento způsob dopravy rozšířený pouze minimálně, délka možných plavebních cest je pouze 355 km, v porovnání se silniční dopravou, která má 50 tisíc km. Možnost lodní dopravy je tedy hodně omezená a převážně se spíše jedná o vyhlídkové plavby nebo přívoz. (Tvrdoň, Bazala a kolektiv autorů, 2017) Lodní doprava se ve světě využívá k přepravování velkého objemu zboží, což je možné označit za velkou výhodu. Nicméně jak již bylo zmíněno, nevýhodou je geografické omezení jednotlivých oblastí.
- cyklistika a pěší doprava – Tato doprava je ekologická a je výhodná pro přemísťování ve větších městech, je možné ušetřit mnoho času stráveného v kolonách. Využívá se pro kratší vzdálenosti a oba způsoby dopravy jsou prospěšné zdraví. Její nevýhodou však je možnost doručení pouze menších a lehčích zásilek.

- potrubní doprava – V Praze byla dříve využívána poštou, dnes už ji v České republice uplatňují jen třeba nemocnice na přepravu léků, krve, dokumentace atd. (Potrubní pošta, 2023) Tato doprava je vhodná spíše pro mikro-systémy, například pro nemocnice. Ve větších systémech by to použít nešlo, což lze brát jako nevýhodu.

V České republice je nejvyužívanější silniční a železniční doprava. Ale v poslední době se tu také rozšiřuje cyklistická doprava, která má svá specifika viz výše.

Porovnání jednotlivých druhů dopravy vzhledem k zákaznickému servisu je vyobrazeno v Tabulce 1.

Tabulka 1 Porovnání jednotlivých druhů dopravy ve vztahu k zákaznickému servisu

Charakteristika pro kvalitu služeb	Silniční	Železniční	Letecká	Lodní	Potrubní
Rychlost	Střední až rychlá	Střední	Rychlá	Pomalá	Pomalá
Dostupnost	Vysoká	Střední	Střední	Nízká	Nízká
Spolehlivost	Vysoká	Střední	Vysoká	Nízká až střední	Vysoká
Ztráty a poškození	Nízké	Střední	Nízké	Nízké až střední	Nízké
Pružnost (přizpůsobení potřebám dopravce)	Vysoká	Střední	Střední a vysoká	Nízká a střední	Nízká

Zdroj: Štůsek (2005)

Pro lepší orientaci v Tabulce 1 jsou nejlepší varianty dopravy z hlediska zákaznického servisu znázorněny zelenou barvou. Střední varianty jsou označeny žlutou barvou a nejhorší varianty jsou zabarvené červeně. Z Tabulky 1 je možné vidět, že méně vhodné druhy dopravy ve vztahu k zákaznickému servisu jsou dopravy lodní a potrubní. Do středu by se dala zařadit železniční doprava a k nevhodnějším druhům lze přiřadit dopravu silniční a leteckou.

Logistika v dopravě se snaží využívat technické, technologické, organizační i řídicí metody tak, aby dopravce nebo zasílatel zajistil přepravu požadovaných věcí nebo zboží ve správný čas na správné místo.

Logistické řízení u dopravních podniků směřuje k:

- snížení nákladů spojených s přepravou – toto opatření by mohlo vést ke snížení ceny za dopravu a lepší konkurenceschopnosti;
- zvýšení ochrany životního prostředí (Řezníček, 2002, s. 8) – ochranou životního prostředí se také zabývá Evropská unie. (Environment, 2024) Do budoucna to může být nevyhnutelná část všech dopravních podniků.

3.3 Okružní dopravní problémy

Okružní dopravní problém je jedno téma z podkapitol distribučních úloh. Existuje velké množství situací, kdy lze tuto úlohu využít i za reálných okolností. Tento problém se někdy nazývá i jako úloha obchodního cestujícího. Okružní dopravní problém se vlastně vyskytuje všude, kde se jedná o pravidelný rozvoz různých produktů. (Jablonský, 2007, s. 111–112) Má za úkol propojit všechna potřebná místa, aby náklady tohoto okruhu byly minimální. (Šubrt, 2015, s. 99)

Tato úloha je dost podobná s jednostupňovou dopravní úlohou. Jednostupňová dopravní úloha má za úkol vyřešit problém, jak naplánovat přepravu stejného produktu od dodavatele ke spotřebitelům. Na rozdíl od okružního dopravního problému, který má za úkol navrhnout výslednou trasu tak, aby byla navštívena všechna místa a řidič se vrátil zpět do výchozího bodu. Cíl mají však stejný, obě úlohy se snaží optimalizovat náklady na přepravu, a to jak kilometry, tak v některých případech i čas. Jednostupňová dopravní úloha poskytuje přípustné řešení této úlohy. Vytvoření výchozího základního přípustného řešení je možné pomocí těchto metod:

- Metoda severozápadního rohu – Jedná se o nejjednodušší metodu stanovení výchozího základního přípustného řešení jednostupňové dopravní úlohy. Přípustné řešení se obvykle pouze přibližuje optimálnímu řešení. Tato metoda vždy začíná v levém horním rohu tabulky a navštěvuje potřebná místa, dokud nedojde k rozvezení veškerého potřebného zboží.
- Indexová metoda – Tato metoda by se měla, oproti metodě severozápadního rohu, více přiblížit k optimálnímu řešení. V této metodě se vždy volí buňka

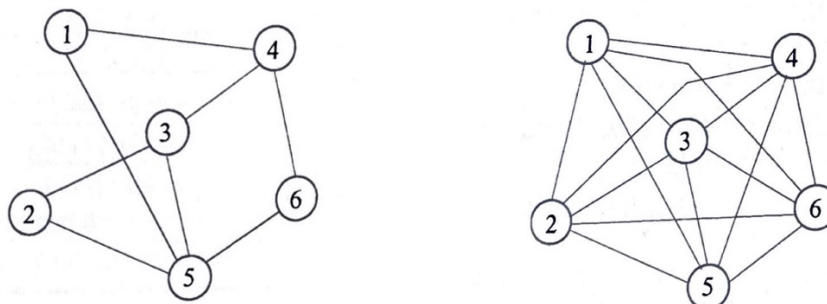
s nejmenším indexem, jelikož cílem této metody je výsledek s co nejmenšími náklady, vzdálenostmi nebo s co nejmenší dobou trvání této trasy.

- Vogelova aproximační metoda (VAM) – Tato metoda je jedna z nejpoužívanějších metod a měla by poskytovat nejbližší řešení k optimálnímu a často je i optimálním řešením. Což znamená, že je dosaženo nejlepší možné řešení. V této metodě se vždy volí místo s největší řádkovou nebo sloupcovou diferencí, po každém kroku je nutné navštívené místo vyškrtnout a vzniká nová tabulka. Takto se postupuje do té doby, dokud nejsou navštívena všechna místa. (Brožová a Houška, 2003, s. 129–137)

Okružní dopravní problém se zabývá hledáním nejkratšího uzavřeného cyklu, který spojí všechna místa tak, aby každé místo bylo navštíveno pouze jednou kromě počátečního místa, což je zároveň i konečným místem, a to co nejkratší vzdáleností. Cílem této metody je nejen propojit všechna místa, jak bylo zmíněno výše, ale najít takové spojení, aby délka tohoto spojení byla minimální. Existují dva typy, které se liší charakterem sítě spojující sledovaná místa. U okružního problému s úplnou sítí cest existuje mezi libovolnými dvěma místy přímé spojení a u problému s neúplnou sítí cest je tomu jinak. U tohoto problému je možné, že u některé dvojice míst neexistuje žádné přímé spojení. (Brožová a Houška, 2003, str. 156–157)

V této práci je možné se setkat s okružním problémem s neúplnou sítí cest, což je znázorněno na Obrázku 2. Na Obrázku 2 je možné vidět i okružní problém s úplnou sítí cest.

Obrázek 2 Okružní problém s neúplnou sítí cest a úplnou sítí cest



Zdroj: Brožová a Houška (2003)

Okružní dopravní problém se dá také rozdělit podle počtu realizovaných okruhů. Mezi nejjednodušší typy okružní úlohy se považují úlohy jednookruhového dopravního

problému. K řešení **jednookruhového okružního problému** je možné využít tyto metody: metodu nejbližšího souseda a Vogelovu aproximační metodu, která byla zmíněná i u jednostupňové dopravní úlohy. Dalším typem úlohy jsou **víceokruhové okružní dopravní problémy**. Ty řeší různá omezení, například: kapacitní a časová. Z tohoto důvodu pak není možné uskutečnit pouze jeden okruh. (Šubrt, 2015, s. 101–105) Více je popsáno v kapitole 3.4.

Matematický model jednookruhového okružního dopravního problému

Slovně byl okružní dopravní problém popsán výše, matematicky jde o optimalizační algoritmus a matematický zápis modelu jednookruhového okružního dopravního problému lze napsat následovně:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow MIN$$

za podmínek

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

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (I.)$$

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

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

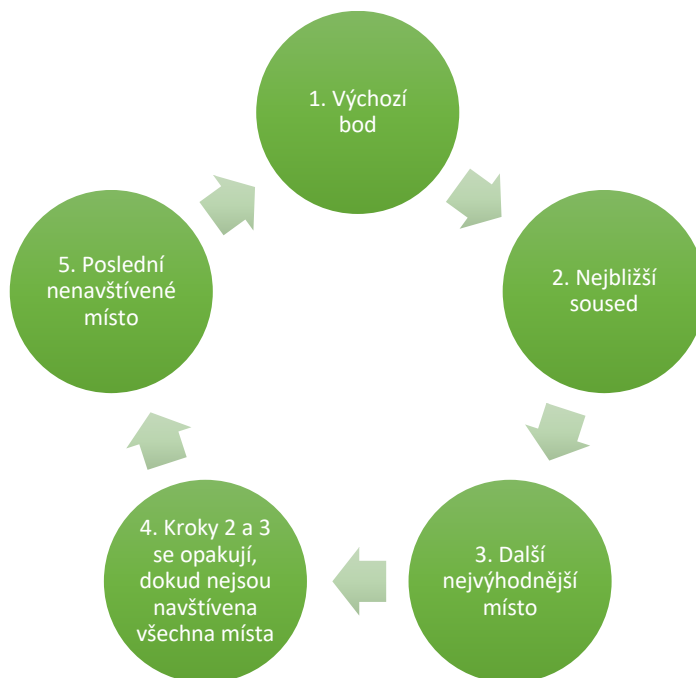
kde c_{ij} je ohodnocení přímého spojení z místa i do místa j , n je počet míst, měst nebo obecně uzlů. Je-li tedy $x_{ij} = 1$, znamená to, že při průjezdu okruhem z i – *tého* místa pokračujeme do j – *tého*, v opačném případě je $x_{ij} = 0$ a tuto trasu nepoužijeme. (Šubrt, 2015, s. 100)

Tyto problémy lze řešit pomocí následujících metod, které jsou zmíněné v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2.

3.3.1 Metoda nejbližšího souseda

Metoda nejbližšího souseda je nejjednodušší metodou řešení okružního dopravního problému. Tato metoda umožňuje velmi jednoduše a rychle najít řešení, ale nemusí se vždy jednat o optimální řešení. (Šubrt, 2015, str. 101) Jednotlivé kroky řešení metody nejbližšího souseda jsou znázorněny na Obrázku 3.

Obrázek 3 Postup metody nejbližšího souseda



Zdroj: vlastní zpracování, Šubrt (2015)

Jak lze vidět z Obrázku 3, nejprve je zvolen výchozí bod, kde bude cesta začínat i končit, nejčastěji se jedná o sklad. Ve druhém kroku je zapotřebí najít nejbližšího souseda. Ze všech míst, která nebyla navštívena, se vybere místo, které má nejvýhodnější spojení, tudíž které je vzdálenostně nejbližší. Ve třetím kroku následuje přesun k dalšímu nejvýhodnějšímu místu. Poté se kroky dva a tři opakují do doby, dokud nejsou navštívena všechna místa. Z posledního navštíveného místa je nutné se vrátit zpět do výchozího bodu, kde cesta končí. Dále už je zapotřebí jen vyhodnotit celkovou délku cesty.

Takto se postupně zvolí všechna místa jako výchozí a z těchto tras se vybere trasa, která bude nejvýhodnější a s nejmenším počtem sazeb. Sazby uvádí vzdálenost mezi dvěma místy a udávají se v kilometrech. Je také možné uvést dobu trvání mezi dvěma místy, poté by se sazba udávala v časových jednotkách. Počítají se pomocí matice sazeb, která udává,

jakou sazbu má zvolená trasa z jednoho místa do druhého. Součet těchto sazeb by měl být co nejmenší. Postup výpočtu v matici sazeb je zobrazen následujícími kroky:

1. V řádku odpovídajícímu výchozímu místu se najde minimální (nejvýhodnější) sazba a příslušné spojení se zařadí do výsledné okružní trasy.
2. Vyškrtne se sloupec odpovídající dosud koncovému místu.
3. V řádku odpovídajícímu tomuto místu se vybere z dosud nevyškrtnutých sazeb nejvýhodnější sazba.
4. Celý postup se opakuje, dokud nejsou všechny sloupce vyškrtnuty.
5. V posledním řádku se vybere trasa ve sloupci, který odpovídá výchozímu místu.

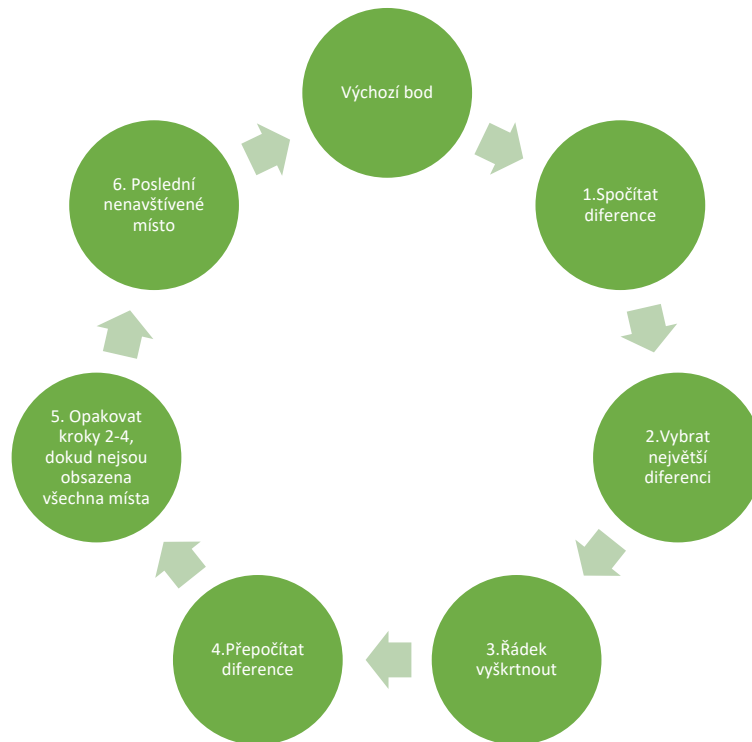
Tento postup se opakuje pro každé ze zadaných míst. Má-li úloha nesymetrickou matici sazeb, provede se pro každé místo také hledání trasy „pozpátku“, tj. buď vyškrtnání řádků a hledání minimální sazby ve sloupcích, nebo se původní postup aplikuje na transponovanou matici. Nakonec se porovná ohodnocení jednotlivých okruhů a jako řešení celého problému se vybere ten nejlevnější. (Brožová a Houška, 2003, str. 157–158)

3.3.2 Vogelova aproximační metoda (metoda VAM)

Tato metoda je jedna z nejpoužívanějších aproximačních metod. Touto metodou lze získat řešení, která jsou velmi blízká optimálnímu řešení nebo dokonce optimální jsou. Vogelova aproximační metoda je obvykle aplikována na jednookruhový okružní problém. Využívá rozdílů mezi dvěma nejvýhodnějšími sazbami v řadách matice sazeb. Dá se aplikovat i při jednostupňové dopravní úloze, jsou zde však rozdílné postupy.

Při použití této metody v okružním dopravním problému se začíná obsazováním políčka s nejnižší cenou, tím se tento řádek nebo sloupec v tabulce vyškrtne. Pokud jsou i ostatní ceny v této řadě (nebo sloupci) nízké, brání obsazení dalších políček, a nakonec je nutné vybrat políčka s vyššími cenami. Metoda preferuje obsazování políček v řadě (nebo sloupci), kde existuje výrazný rozdíl mezi cenami jednotlivých políček. (Lagová a Jablonský, 2009, s. 230) Jak se tato metoda řeší, je znázorněno Obrázkem 4.

Obrázek 4 Postup metody VAM



Zdroj: vlastní zpracování, Šubrt (2015)

Na Obrázku 4 je vidět, že v prvním kroku je nutné spočítat diference pro každý řádek a sloupec v tabulce. Poté se zvolí největší diference v řádku nebo sloupci výchozího bodu a označí se buňka, která má nejnižší sazbu. Ve třetím kroku se vyškrtnou celý řádek, ve kterém byla označena buňka. V následujícím kroku se musí přepočítat diference a kroky dva až čtyři se opakují do té doby, dokud nejsou obsazena všechna místa. Poté se opět vrací do výchozího bodu. (Šubrt, 2015, s. 101)

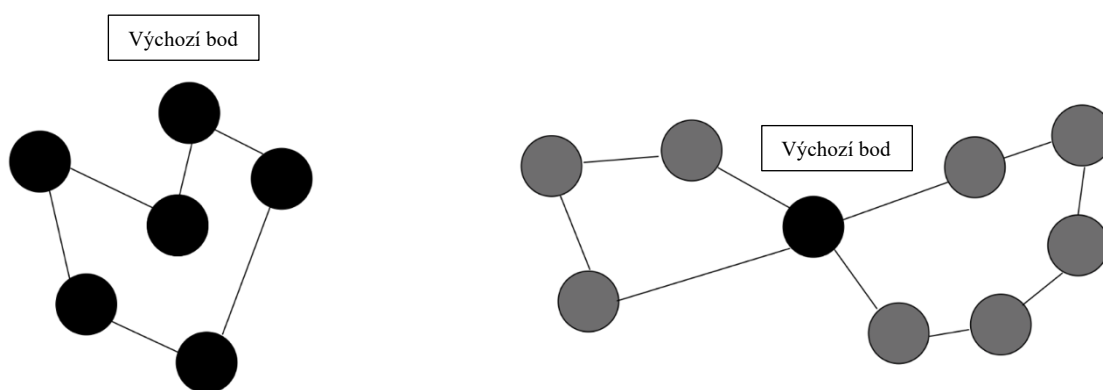
3.4 Víceokruhový okružní dopravní problém

Důvodem k rozdělení okružní přepravy do více okruhů je především omezená kapacita vozidla. Vzhledem k tomu, že kapacita vozidel často nestačí pokrýt potřeby všech míst, kam je potřeba doručit materiál nebo odkud ho odvézt. Nutným předpokladem u těchto problémů je, že všechna vozidla jsou stejná a mají stejnou kapacitu, která je menší než celková kapacita na pokrytí všech požadavků. Pro plánování je tedy nezbytné vytvořit několik okruhů, přičemž každý z nich bude sloužit jednomu vozidlu. Tyto okruhy by měly začínat a končit právě v centrálním místě, přičemž součet všech požadavků pro daný okruh nesmí překročit kapacitu vozidla. Dále platí, že každé necentrální místo musí být obsazeno

právě v jednom okruhu (každé vozidlo musí zajet do každého necentrálního místa, ale více vozidel tam není nutné). (Šubrt, 2015, s.105)

Rozdíl mezi jednookruhovým a víceokruhových okružním dopravním problémem je znázorněn na Obrázku 5. Je zde vidět, že zatímco jednookruhový problém propojuje všechna místa a vrací se zpět do výchozího bodu, víceokruhový má dva okruhy, které se vrací zpět do výchozího bodu, jelikož z kapacitních nebo jiných důvodů nebylo možné zrealizovat pouze jednu trasu.

Obrázek 5 Porovnání jednookruhového a víceokruhového okružního dopravního problému



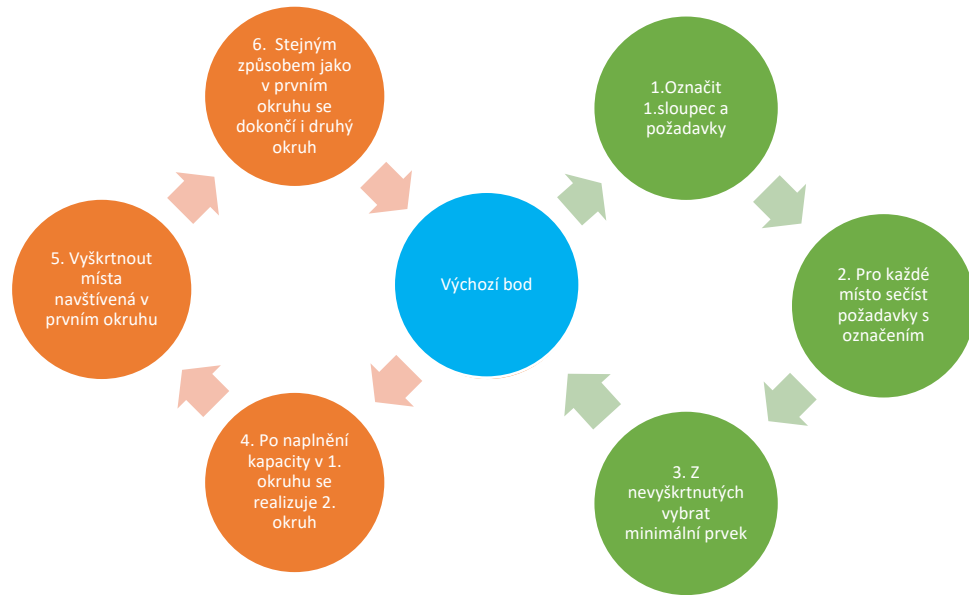
Zdroj: vlastní zpracování

Metody jednookruhového okružního dopravního problému byly už představené. Víceokruhový okružní dopravní problém je možné řešit například pomocí Mayerovy metody.

Mayerova metoda

Mayerova metoda se dá jednoduše použít pro rozdělení míst do jednotlivých okruhů. Je možné ji popsat jako přibližnou metodu sestavení okružních jízd výběrem minimálních prvků. Metoda se řeší pomocí symetrické matice sazeb mezi místy zahrnutými do řešení. Tato místa jsou seřazena podle sazeb tras mezi těmito místy a centrálním místem. Na prvním místě matice se nachází místo, které má nejvyšší sazbu. (Brožová a Houška, 2003, s. 161) Řešení této metody je znázorněno na Obrázku 6 níže.

Obrázek 6 Postup Mayerova metoda



Zdroj: vlastní zpracování, Šubrt (2015)

Na Obrázku 6 je vyobrazený zjednodušený postup Mayerovy metody. Předtím, než se začne počítat, je nutné si v matici sazeb seřadit místa sestupně podle vzdálenosti od výchozího bodu. Výchozí bod se v tabulce vynechá a je nutné vytvoření sloupce s názvem požadavky. V prvním kroku je z tabulky označen první sloupec i jeho požadavek. Následně dojde k vyškrtnutí tohoto řádku. V následujícím kroku se přepočítají požadavky. K aktuálním požadavkům se přičtou požadavky označeného místa. U míst, kde bude součet požadavků větší než kapacita vozidla, se vyškrtnou buňka v prvním sloupci. Ve třetím kroku se z nevyškrtnutých míst vybere minimální prvek, sloupec se označí a řádek vyškrtnou. Všechny zvýrazněné požadavky se sečtou a u míst s překročenou kapacitou vozidla se škrtná odpovídající buňka. Poté se kroky dva a tři opakují do té doby, dokud se nevyškrtnou všechny sazby v označených sloupcích. Takto vznikne první okružní trasa. Následuje čtvrtý krok, ve kterém dojde k přesunutí na druhý okruh. V pátém kroku se vyškrtnou sloupce a požadavky míst, která byla navštívena v prvním okruhu. V šestém kroku se postupuje stejně jako u prvního okruhu. Nakonec se seřadí jednotlivá místa, k tomu je možné využít řešení metod z jednookruhových úloh. (Šubrt, 2015, s. 105–106)

4 Vlastní práce

Tato práce je zaměřena na firmu ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., která vznikla již v roce 1991 a věnuje se především rozvozu krmných směsí. Majitelé jsou manželé Padrůnkovi. O několik let později, přesněji v roce 2003, založili manželé další zemědělskou firmu ZEA-LAND, s.r.o., která je zaměřena na rostlinnou výrobu a hospodaří na cca 1 000 ha v Českém ráji. Tyto dvě firmy společně velmi úzce spolupracují. (ZEA Sedmihorky zealand, 2023)

Obrázek 7 Logo vybrané firmy



Zdroj: ZEA Sedmihorky (2023)

ZEA je rodinná zemědělská firma, která se zabývá výrobou krmných směsí, kterými zásobují chovy skotu, prasat či drůbeže. Dále také zemědělce zásobují osivy jako je kukuřice, řepka a čirok. U osiv též nabízí poradenský servis a v nabídce mají i prodej konzervantů, které se dělí na chemické a biologické. U chemických konzervantů se jedná například o SoftAcid (snižuje hodnotu pH v senáži), ZeaAcid NEW (zamezí rozvoji plísní a kvasinek pod plachtou) a CornAcid (konzervuje kukuřičné zrno). Biologické konzervanty nabízí např.: MAGNIVA Classic HC, MAGVINA Silver+ HC, MAGNIVA Platinum 1 HC a mnoho dalších. (ZEA Sedmihorky, Produkty, 2023)

4.1 Doručovací adresy

V této práci budou navrhnuty trasy na rozvoz osiv, kterým se zabývá ZEA Sedmihorky. Podle expedičního listu, který je k nalezení v Příloze 1, je sestavena Tabulka 2. Ta udává, v jakém pořadí řidiči navštívili místa při rozvozu osiv. Výchozí místo je ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., Roudný 53, 511 01 Karlovice – Turnov 1.

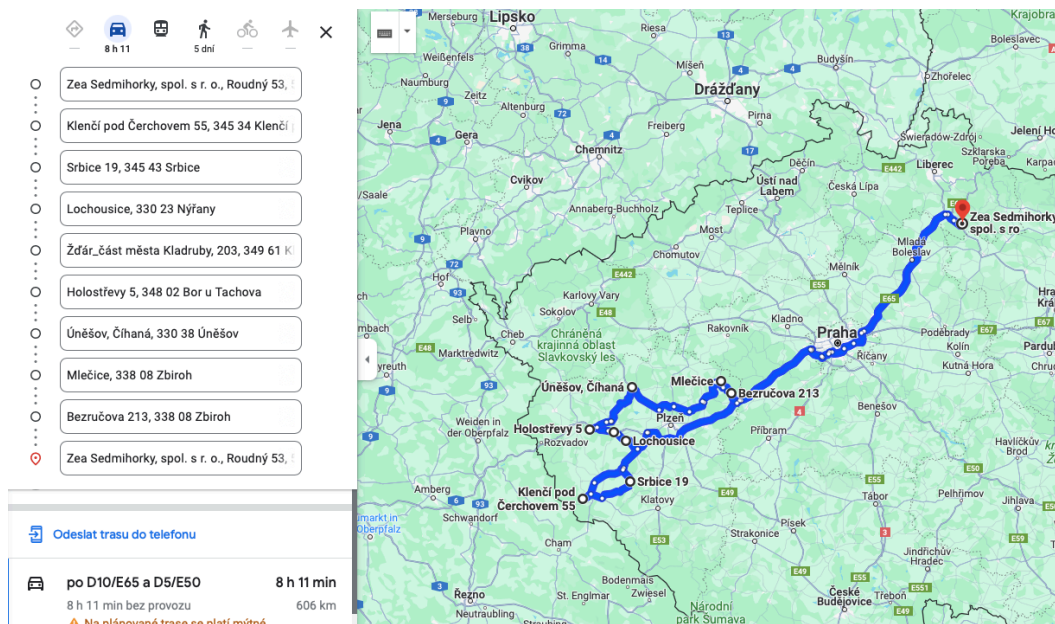
Tabulka 2 Pořadí navštívených míst společností ZEA Sedmihorky

Pořadí	Adresa – sklady osiv	Pořadí	Adresa – sklad osiv
1.	Klenčí pod Čerchovem 55, 34534 Klenčí pod Č.	5.	Holostřevy 5, 34802 Bor u Tachova
2.	Srbice 19, 34543 Koloveč	6.	Úněšov 76, 33038 Číhaná
3.	Zemědělský areál, 33023 Lochousice	7.	Mlečice, 33808, Zbiroh
4.	Žďár, 34961 Kladruby u Stříbra	8.	Bezručova 213, 33808 Zbiroh

Zdroj: vlastní zpracování, expediční list, ZEA Sedmihorky

Z Tabulky 2 je možné zjistit, že trasa byla uskutečněna v tomto pořadí: ZEA Sedmihorky ⇒ Klenčí pod Čerchovem ⇒ Srbice ⇒ Lochousice ⇒ Žďár, Kladruby u Stříbra ⇒ Holostřevy ⇒ Úněšov ⇒ Mlečice ⇒ Zbiroh ⇒ ZEA Sedmihorky. Tato trasa podle Google maps měří 606 km, což je k vidění na Obrázku 8, který se nachází níže. Po vybrání vždy nejkratší trasy mezi dvojicí míst, je tato trasa dlouhá 599 km. Jelikož Google maps nevyužívají při naplánování celého okruhu vždy nejkratší možnou trasu, vyskytují se v práci rozdílné délky tras.

Obrázek 8 Trasa ZEA Sedmihorky



Zdroj: vlastní zpracování, Google maps (2024)

4.2 Metoda nejbližšího souseda

Následně jsou vypočítány dvě metody pro návržení nejlepší trasy pro rozvor osiv. První navržená trasa je pomocí metody nejbližšího souseda. Jedná se o nejjednodušší metodu, ale její řešení nemusí být nejlepší. Jako výchozí bod je zvolené místo ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., Roudný 53, 511 01 Karlovice – Turnov 1. Nejprve je vytvořena matice sazeb, se kterou se pracuje během výpočtu metody, ta se nachází níže v Tabulce 3.

Tabulka 3 Matice sazeb

	ZEA – Roudný	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování, Google maps (2024)

V Tabulce 3 jsou znázorněna všechna místa, která se musí navštívit. Jsou u nich také uvedené sazby, tedy vzdálenosti mezi jednotlivými místy v kilometrech, která jsou zjištěna pomocí Google maps.

První krok:

Výchozí bod je zadaný. Nyní je zapotřebí podle metodiky zvolit nejbližšího souseda, tedy místo s nejnižší sazbou. Nejlepší vzdálenost je 164 km a jedná se o místo Zbiroh. Toto místo se označí a zbytek řádku a sloupce se vyškrtne, jelikož už není žádoucí se do tohoto místa vracet. Tento postup je znázorněn v Tabulce 4.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km)

Tabulka 4 Metoda nejbližšího souseda 1.krok

1.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruhy u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruhy u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Druhý krok:

V kroku dva se řidič musí přemístit ze Zbirohu na další místo, které je pro něj nejvýhodnější. Tedy nejkratší vzdálenost mezi Zbirohem a dalším bodem trasy. V tomto případě se jedná o Mlečice, kde je vzdálenost mezi těmito dvěma místy 11 km. Celková vzdálenost je prozatím 175 km. Vše je znázorněno níže v Tabulce 5.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km)

Tabulka 5 Metoda nejbližšího souseda 2.krok

2.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Třetí krok:

Ve třetím kroku je realizovaný přesun z Mlečice do místa nejbližšího souseda. Znovu se vybere nejkratší vzdálenost. Z Mlečice je nejmenší sazba do Úněšova. Tato trasa měří 55 km. Dosavadní celková délka trasy je 230 km. Postup se nachází v Tabulce 6 níže.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (5

Tabulka 6 Metoda nejbližšího souseda 3.krok

3.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 7 Metoda nejbližšího souseda 4.krok

4.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Čtvrtý krok:

V Tabulce 7, která se nachází nad tímto textem, je popsán čtvrtý krok, kde se řidič z místa Úněšov přesouvá nejkratší vzdáleností do místa Žďár – Kladruby u Stříbra. Délka této trasy je 32,4km. Celková délka se pohybuje na 262,4 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km)

Tabulka 8 Metoda nejbližšího souseda 5.krok

5.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Pátý krok:

Tabulka 8 znázorňuje pátý krok, kde se řidič stejným způsobem jako u předchozích kroků přesouvá ze Žďáru do místa s nejnižší sazbou. Nejnižší sazbou má místo Lochousice a to 7,5 km. Celková délka trasy je prozatím 269,9 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) ⇒ Lochousice (7,5 km)

Šestý krok:

V šestém kroku je realizován přesun z Lochousic do místa nejbližšího souseda. Zde se jedná o místo Holostřevy se sazbou 20 km. Celková délka trasy činí 289,9km. Vše je zobrazeno v Tabulce 9 níže.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky \Rightarrow Zbiroh (164 km) \Rightarrow Mlečice (11 km) \Rightarrow Úněšov (55 km) \Rightarrow Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) \Rightarrow Lochousice (7,5 km) \Rightarrow Holostřevy (20 km)

Tabulka 9 Metoda nejbližšího souseda 6.krok

6.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Sedmý krok:

V tomto kroku je realizována trasa z Holostřev do dalšího místa s nejkratší vzdáleností. Z Tabulky 10, která se nachází níže, je možné zjistit, že se jedná o místo Srbice. Do Srbic je délka trasy 40 km. Celková vzdálenost se tedy pohybuje už na 329,9 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) ⇒ Lochousice (7,5 km) ⇒ Holostřevy (20 km) ⇒ Srbice (40 km)

Tabulka 10 Metoda nejbližšího souseda 7.krok

7.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Osmý krok:

Níže v Tabulce 11 je znázorněn přesun z místa Srbice do místa Klenčí pod Čerchovem. Tato trasa měla nejkratší vzdálenost a to 30 km. Celkem je ujetu 359,9 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) ⇒ Lochousice (7,5 km) ⇒ Holostřevy (20 km) ⇒ Srbice (40 km) ⇒ Klenčí pod Čerchovem (30 km)

Tabulka 11 Metoda nejbližšího souseda 8.krok

8.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Devátý krok:

V posledním devátém kroku se řidič musí vrátit zpět do výchozího místa. Tedy do místa ZEA Sedmihorky. Tato trasa je dlouhá 257 km. Vše je znázorněno níže v Tabulce 12.

Výsledná trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) ⇒ Lochousice (7,5 km) ⇒ Holostřevy (20 km) ⇒ Srbice (40 km) ⇒ Klenčí pod Čerchovem (30 km) ⇒ ZEA Sedmihorky (257 km)

Tabulka 12 Metoda nejbližšího souseda 9.krok

9.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Z celkového postupu je možné zjistit, že výsledná trasa podle metody nejbližšího souseda je dlouhá 616,9 km. V porovnání s reálně uskutečněnou trasou, kterou firma uskutečnila to je o 10 kilometru delší. Tedy firmě není doporučeno využití této metody.

4.3 Vogelova aproximační metoda (VAM)

Pro návrh další možné trasy je použita Vogelova aproximační metoda. Podle této metody by řešení mělo být optimálnější než to, které vychází u první navržené trasy pomocí metody nejbližšího souseda. Výchozí místo je stále stejné, tedy ZEA Sedmihorky, spol. s r.o., Roudný 53, 511 01 Karlovice – Turnov 1. Vychází se také ze stejné matice sazeb, která je znázorněna výše v Tabulce 3.

První krok:

V prvním kroku je realizovaný přesun z výchozího bodu ZEA Sedmihorky do místa s nejnižší sazbou v řádku. To je místo Zbiroh, kde je vzdálenost 164 km. Vše je znázorněno v Tabulce 13 níže.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km)

Tabulka 13 VAM 1.krok

1.krok	ZEA	Holostřevy – Bor u Tachova	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár – Kladruby u Stříbra	Úněšov – Číhaná	Lochousice	Srbice – Koloveč	Mlečice – Zbiroh
ZEA – Roudný	-	236	164	257	225	215	220	230	172
Holostřevy – Bor u Tachova	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104
Žďár – Kladruby u Stříbra	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75
Úněšov – Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72
Srbice – Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80
Mlečice – Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-

Zdroj: vlastní zpracování

Druhý krok:

Ve druhém kroku už jsou vypočítány difference, které se vypočítají takto: druhé místo s nejnižší sazbou – místo s nejnižší sazbou. Poté je zvolen řádek nebo sloupec s nejvyšší diferencí. V tomto kroku se zvolí řádek Zbiroh, ze kterého se vybere políčko s nejnižší sazbou. To se týká místa Mlečice – Zbiroh. Řádek i sloupec, ve kterém se nejvýhodnější místo zvolilo, se musí vyškrtnout. Postup se nachází v Tabulce 14. Celková trasa prozatím měří 175 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice – Zbiroh (11 km)

Tabulka 14 VAM 2.krok

2.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	7,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	49
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	10
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	5
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	0,8
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	12,5
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	3
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	17
Δ	8	7,5	-	10	5	0,8	12,5	3	44	

Zdroj: vlastní zpracování

Třetí krok:

V následujícím kroku, který je znázorněn v Tabulce 15 níže, je nutné přepočítat difference, a to stejným způsobem jako u předchozího kroku. Následně se znovu vybere řádek nebo sloupec s nejvyšší diferencí. V tomto kroku se jedná o řádek Mlečice – Zbiroh a vybere se místo s nejnižší sazbou, tedy Úněšov – Číhaná. Hodnoty v příslušném řádku i sloupci se opět vyškrtnou. Délka trasy se nyní pohybuje na 230 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice – Zbiroh (11 km) ⇒ Úněšov – Číhaná (55 km)

Tabulka 15 VAM 3.krok

3.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	7,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	10
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	5
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	0,8
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	12,5
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	3
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	17
Δ	43	7,5	-	10	5	0,8	12,5	3	-	

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 16 VAM 4.krok

4.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	7,5
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	10
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	5
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	0,8
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	12,5
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	3
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ	5	7,5	-	10	5	-	12,5	3	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Čtvrtý krok:

Na začátku čtvrtého kroku se znovu přepočítají řádkové i sloupcové diference. Nejvyšší hodnota 12,5 se nachází na řádku Lochousice. Poté se zvolí místo s nejkratší vzdáleností. V Tabulce 16 je možné vidět, že se jedná o místo Žďár – Kladruby u Stříbra a délka trasy je 7,5 km. Vzniká tu tedy spojení mezi Lochousicemi a Žďárem – Kladruby u Stříbra. Toto spojení však zatím nelze propojit s vytvořenou trasou.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice – Zbiroh (11 km) ⇒ Úněšov – Číhaná (55 km), Lochousice ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5km)

Tabulka 17 VAM 5.krok

5.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	20
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	13
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	5
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	1,8
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	-
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	3
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ	15	22,5	-	10	-	-	12,5	0,5	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Pátý krok:

V pátém kroku se po vyškrtnutí řádku a sloupce zvoleném v předchozím kroku musí znovu přepočítat difference, nejvyšší difference se rovná 22,5. Dále je pak za nejvýhodnější sazbu zvolena vzdálenost 12,5 km do místa Holostřevy – Bor u Tachova. Tím zatím vzniká pouze propojení s předchozí dvojicí míst Lochousice ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra ⇒ Holostřevy – Bor u Tachova. To vše je možné vyčíst s Tabulky 17, která se nachází výše.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice – Zbiroh (11 km) ⇒ Úněšov – Číhaná (55 km), Lochousice ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) ⇒ Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km)

Šestý krok:

V Tabulce 18 je znázorněný postup kroku číslo šest. Po vyškrtnutí příslušného řádku a sloupce, přepočítání sloupcových a řádkových diferencí se zvolí nejvyšší diference. V tomto kroku se jedná o diferenci s hodnotou 21,6 na řádku Úněšov – Číhaná. Nejkratší možná trasa je do Lochousice a to 33,2 km. V tomto kroku dojde k propojení míst z předchozích dvou kroků a vznikne tím propojená trasa, která má délku 283,2 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky \Rightarrow Zbiroh (164 km) \Rightarrow Mlečice – Zbiroh (11 km) \Rightarrow Úněšov – Číhaná (55 km) \Rightarrow Lochousice (33,2 km) \Rightarrow Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) \Rightarrow Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km)

Tabulka 18 VAM 6.krok

6.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	20
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	15,5
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	-
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	21,6
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	-
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	3
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ	15	-	-	13	-	-	7	10	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Sedmý krok:

V sedmém kroku došlo k opětovnému přepočítání sloupcových a řádkových diferencí a k vyškrtnutí příslušného řádku a sloupce. Tentokrát se nejvyšší diference s hodnotou 227 nachází na řádku Klenčí pod Čerchovem a zvolené místo s nejnižší sazbou jsou Srbice – Koloveč. Délka této trasy měří 30 km a vzniká tu dvojice míst, která prozatím nelze propojit s vytvořenou trasou. Vše je znázorněno v Tabulce 19 níže. Je zde také vidět, že došlo k vyškrtnutí vybraného řádku a sloupce.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky \Rightarrow Zbiroh (164 km) \Rightarrow Mlečice – Zbiroh (11 km) \Rightarrow Úněšov – Číhaná (55 km) \Rightarrow Lochousice (33,2 km) \Rightarrow Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) \Rightarrow Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km), Klenčí pod Čerchovem \Rightarrow Srbice – Koloveč (30 km)

Tabulka 19 VAM 7.krok

7.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	3
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	227
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	-
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	-
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	-
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	200
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ	6	-	-	13	-	-	-	10	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Osmý krok:

V Tabulce 20 je možné vidět osmý krok výpočtu metody VAM. V tomto kroku už se difference nepočítaly, jelikož zde jsou poslední dvě možná místa, která jsou zapotřebí navštívit. V posledním kroku se však řidič musí vrátit zpět do výchozího místa, a to je možné pouze z místa Srbice – Koloveč. Je tedy nutné si vybrat druhé možné místo, zde se jedná o místo Klenčí pod Čerchovem na řádku Holostřevy – Bor u Tachova. Vzdálenost mezi těmito dvěma místy je 43 km. Touto navrženou trasou dojde i k propojení se zatím vytvořenou trasou. Délka této trasy měří 356,2 km.

Vytvořená trasa:

ZEA Sedmihorky \Rightarrow Zbiroh (164 km) \Rightarrow Mlečice – Zbiroh (11 km) \Rightarrow Úněšov – Číhaná (55 km) \Rightarrow Lochousice (33,2 km) \Rightarrow Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) \Rightarrow Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km) \Rightarrow Klenčí pod Čerchovem (43 km) \Rightarrow Srbice – Koloveč (30 km)

Tabulka 20 VAM 8.krok

8.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Čerchovem	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	-
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	-
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	-
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	-
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	-
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	-
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 21 VAM 9.krok

9.krok	ZEA	Holostřevy	Zbiroh	Klenčí pod Č.	Žďár	Úněšov, Číhaná	Lochousice	Srbice, Koloveč	Mlečice, Zbiroh	Δ
ZEA	-	236	164	257	225	215	220	230	172	-
Holostřevy	236	-	88	43	12,5	35	20	40	86,5	-
Zbiroh	164	88	-	103	74	60	72	79	11	-
Klenčí pod Čerchovem	257	43	103	-	40	73	45,5	30	104	-
Žďár	225	12,5	74	40	-	32,4	7,5	30,5	75	-
Úněšov, Číhaná	215	35	60	73	32,4	-	33,2	54,8	55	-
Lochousice	220	20	72	45,5	7,5	33,2	-	27	72	-
Srbice, Koloveč	230	40	79	30	30,5	54,8	27	-	80	-
Mlečice, Zbiroh	172	86,5	11	104	75	55	72	80	-	-
Δ		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Devátý krok:

V posledním kroku zbývá poslední místo, které je možné navštívit, a tím se i vrátit zpět do výchozího místa ZEA Sedmihorky. Tento krok je znázorněn v Tabulce 21 na řádce Srbice – Koloveč a délka trasy měří 230 km. Tímto propojením dvou posledních míst dojde k uzavření okruhu. Tento okruh má celkovou délku 586,2 km. Což je v porovnání s předchozím výpočtem metody nejbližšího souseda o 30,7 km kratší. Tato trasa je také kratší než reálně uskutečněná trasa řidiči dané společnosti, a to o 19,8 km, z čehož vyplývá,

že ZEA Sedmihorky lze doporučit při plánování tras využití navrnutí trasy pomocí Vogelovy aproximační metody.

Výsledná trasa:

ZEA Sedmihorky \Rightarrow Zbiroh (164 km) \Rightarrow Mlečice – Zbiroh (11 km) \Rightarrow Úněšov – Číhaná (55 km) \Rightarrow Lochousice (33,2 km) \Rightarrow Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) \Rightarrow Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km) \Rightarrow Klenčí pod Čerchovem (43 km) \Rightarrow Srbice – Koloveč (30 km) \Rightarrow ZEA Sedmihorky (230 km)

V teoretické části bakalářské práce je také zmíněn víceokruhový okružní dopravní problém. Jelikož kapacita vozidla stačí pro uskutečnění jednoho okruhu, postup metody víceokruhového problému není zapotřebí využít. Je však možné se později tímto problémem zabývat v diplomové práci.

5 Výsledky a diskuse

Pro dosažení řešení okružního dopravního problému byly použity dvě nejpoužívanější metody. Konkrétně byla použita metoda nejbližšího souseda a Vogelova aproximační metoda. Vytvořené trasy pomocí těchto metod je důležité porovnat mezi sebou, a zároveň je porovnat s reálně uskutečněnou trasou společnosti ZEA Sedmihorky. Poté je možné vyhodnotit, která trasa je optimální a zda firma tuto optimální trasu využívá.

5.1 Porovnání délky vytvořených tras s realizovanou trasou z hlediska ujetých kilometrů

Firma ZEA Sedmihorky realizovala trasu v tomto pořadí: ZEA Sedmihorky ⇒ Klenčí pod Čerchovem ⇒ Srbice ⇒ Lochousice ⇒ Žďár, Kladruby u Stříbra ⇒ Holostřevy ⇒ Úněšov ⇒ Mlečice ⇒ Zbiroh ⇒ ZEA Sedmihorky. Po zadání do Google maps je trasa dlouhá 606 km, to je znázorněno na Obrázku 6, který se nachází v kapitole 3.5.

Pomocí metody nejbližšího souseda byla vytvořena trasa v tomto pořadí: ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice (11 km) ⇒ Úněšov (55 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (32,4 km) ⇒ Lochousice (7,5 km) ⇒ Holostřevy (20 km) ⇒ Srbice (40 km) ⇒ Klenčí pod Čerchovem (30 km) ⇒ ZEA Sedmihorky (257 km). Toto pořadí se výrazně liší od skutečně realizované trasy. Celková délka navržené trasy činí 616,9 km. Z tohoto výsledku vyplývá, že firmě se nedoporučuje realizovat navrženou trasu pomocí metody nejbližšího souseda.

Další navržená trasa byla pomocí Vogelovy aproximační metody. Výsledná navržená trasa měla následující pořadí: ZEA Sedmihorky ⇒ Zbiroh (164 km) ⇒ Mlečice – Zbiroh (11 km) ⇒ Úněšov – Číhaná (55 km) ⇒ Lochousice (33,2 km) ⇒ Žďár – Kladruby u Stříbra (7,5 km) ⇒ Holostřevy – Bor u Tachova (12,5 km) ⇒ Klenčí pod Čerchovem (43 km) ⇒ Srbice – Koloveč (30 km) ⇒ ZEA Sedmihorky (230 km). Tato metoda stanovila nejkratší možnou délku trasy 586,2 km. To je oproti realizované i navržené trase pomocí metody nejbližšího souseda neoptimálnější řešení. V porovnání s realizovanou trasou je tato trasa o 19,8 km kratší. Pomocí tohoto výsledku je možné firmě ZEA Sedmihorky doporučit realizování tras pomocí Vogelovy aproximační metody.

5.2 Porovnání vytvořených tras s realizovanou trasou z hlediska času

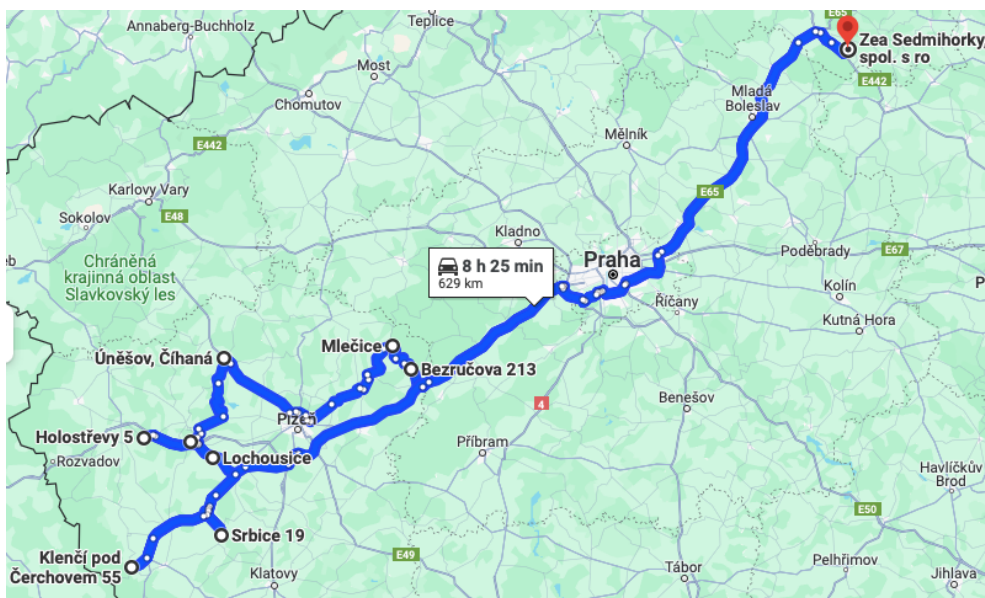
Jednotlivé trasy se dají porovnat i z časového hlediska. Časy jsou však pouze orientační, jelikož vše záleží na čase, kdy je trasa uskutečněna a aktuálním provozu. Je možné doporučit brzké vyjetí ze skladu ZEA Sedmihorky, aby Praha byla projeta před ranní špičkou. Z hlediska času se také nemusí řešit bezpečnostní přestávky, jelikož firma na delší trasy posílá vždy dva řidiče. Trasa, kterou realizuje ZEA podle map, trvá bez provozu 8 hodin 11 minut. Uskutečnění trasy pomocí metody nejbližšího souseda by mělo po vypočítání trvat 8 hodin 9 minut. Což je o 2 minuty lepší než reálně uskutečněná trasa. Rozhodování, kterou trasu realizovat, by však ovlivnily kilometry, ve kterých je větší rozdíl než u času. V tomto případě je zřejmé, že firma realizuje lepší trasu z hlediska kilometrů, ale časový rozdíl je zde minimální.

Trasa, která je vytvořena pomocí Vogelovy aproximační metody, by bez většího provozu měla trvat 7 hodin 53 minut. V porovnání s uskutečněnou trasou je zde osmnácti minutový rozdíl. V tomto porovnání je i větší rozdíl v počtu najetých kilometrů. Z toho vyplývá, že trasa navržená pomocí VAM je pro firmu optimální jak z časového hlediska, tak i z hlediska vzdálenosti.

5.3 Analýza nákladů

Po zadání výsledných tras navržených pomocí metod okružního dopravního problému do Google maps se délka neshoduje, ale Google maps nevyužívá pro výpočty vždy nejkratší a nejrychlejší možné trasy. V tomto případě je nutné doporučit zadávat vždy do map pouze dvojici míst, které řidič potřebuje aktuálně navštívit.

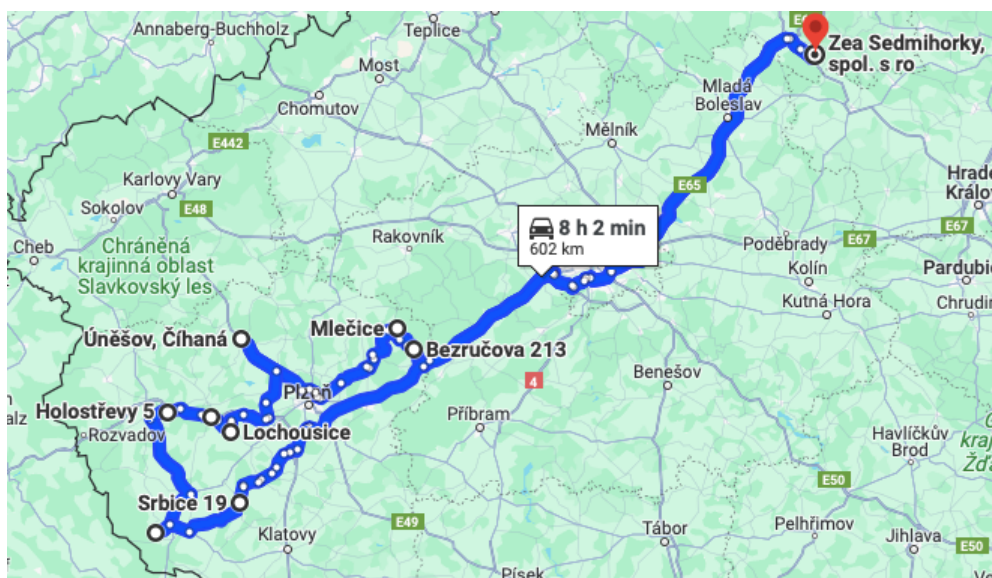
Obrázek 9 Trasa pomocí metody nejbližšího souseda



Zdroj: Google maps, vlastní zpracování (2024)

Na Obrázku 9 je vidět trasa, která navštěvuje místa v pořadí, které je navrženo pomocí metody nejbližšího souseda. Google maps však navrhuje trasu, která měří 629 km a trvá 8 hodin a 25 minut, což je v porovnání s reálně uskutečněnou trasou pro firmu nevýhodné řešení.

Obrázek 10 Trasa pomocí VAM



Zdroj: Google maps, vlastní zpracování (2024)

Obrázek 10 poukazuje na pořadí navštívených míst, které bylo navrženo pomocí metody VAM. Znovu se délka i čas tras neshodují, což potvrzuje doporučení plánovat pomocí Google maps vždy dvojici míst a vybrat si nejvýhodnější navrženou trasu.

Podle map tato trasa měří 602 km a trvá 8 h a 2 min. Ve srovnání s předchozí metodou je zde ve výsledcích velký rozdíl a pomocí Vogelovy aproximační metody je navrženo optimálnější řešení. V porovnání s realizovanou trasou firmy ZEA je tato navržená trasa stále optimálnější. Dala by se tedy považovat za optimum.

Odhadovaná spotřeba vozidla, které trasy realizuje je 15 l/100 km. Ke dni 27.2.2024 je v ČR průměrná cena nafty 38,32 Kč. (mBenzin.cz, 2024) V následující tabulkách jsou porovnány jednotlivé náklady a spotřeba na realizaci navržených tras a uskutečněné trasy.

Tabulka 22 Porovnání spotřebovaných litrů paliva

	Uskutečněná trasa	Nejbližší soused	VAM
Nejkratší trasa	89,85 l	92,535 l	87,93 l
Google maps	90,9 l	94,35 l	90,3 l

Zdroj: mbeznin.cz, vlastní zpracování (2024)

Z Tabulek 22 a 23 je možné zjistit, že trasa vypočtená VAM, která je firmě doporučena k realizaci, je výhodná ve spotřebě paliva, tudíž i celkové náklady na spotřebu jsou nižší než na uskutečněnou trasu. Určitě je potřebné doporučit, aby se plánování tras pomocí Google maps provádělo vždy pouze s dvojicí míst, zabere to sice více času, ale je zde možné najít výhodnější trasy, než jsou mapy schopné naplánovat v rámci celé trasy.

Tabulka 23 Porovnání nákladů na naftu

	Uskutečněná trasa	Nejbližší soused	VAM
Nejkratší trasa	3443 Kč	3546 Kč	3369,5 Kč
Google maps	3483,3 Kč	3615,5 Kč	3460,3 Kč

Zdroj: mbeznin.cz, vlastní zpracování (2024)

6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce je porovnat, zda firma ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. využívá optimální trasu pro rozvoz osiv. Po zhodnocení klíčových hodnotících parametrů, tj. počet ujetých kilometrů a doba trvání trasy, je možné říct, že daná firma nerealizuje optimální trasu. Pomocí jedné vybrané distribuční metody se podařilo najít lepší hodnotu, a to pomocí Vogelovy aproximační metody. Z tohoto výsledku lze firmě doporučit, aby trasy realizovala pomocí výsledných tras této metody.

Z provedeného šetření lze usoudit, že daná firma má v plánování tras co zlepšovat. Je však možné, že plánování tras ovlivňují okolnosti, například: doba otevření skladu, povinné bezpečnostní přestávky pro řidiče, které tyto metody nezahrnují. Firma však z důvodu bezpečnostních přestávek posílá na delší trasy dva řidiče, tudíž tyto okolnosti plánování tras neovlivňují.

ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. se však především zabývá rozvozem krmných směsí, tomuto tématu je možné se později věnovat v diplomové práci. Rozvoz osiv tedy není hlavním zdrojem výnosů. To však neznamená, že by se mělo plánování tras pro rozvoz osiv podceňovat. Určitě stojí za to věnovat chvíli navržení tras pomocí aproximační metody, jelikož každý ušetřený kilometr má v konečném důsledku význam jak z časového hlediska, tak z hlediska nákladů na opotřebení vozidla a úsporu pohonných hmot. Aplikace metody VAM není tak složitá a ročně lze dosáhnout velké úspory. Je zde také zapotřebí doporučit, aby zadávání míst do navigace probíhalo vždy postupně po dvojicích naplánovaných míst, jelikož Google maps v plánování celého okruhu nenavrhuje vždy nejkratší možné trasy.

Pomocí Vogelovy aproximační metody se podařilo najít nejkratší a nejrychlejší možnou trasu pro firmu ZEA Sedmihorky, spol. s r.o. Firma danou trasu v brzké době zrealizuje a poté poskytne hodnocení navržené trasy.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Knižní zdroje

BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA, 2002. *Základní metody operační analýzy*. Praha: Credit. ISBN 80-213-0951-2.

DANĚK, Jan, 2006. *Logistické systémy*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita. ISBN 80-248-1017-4.

JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN ISBN978-80-86946-44-3.

LAGOVÁ, Milada a Josef JABLONSKÝ, 2009. *Lineární modely: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Oeconomica. ISBN ISBN978-80-245-1511-3.

ŘEZNIČEK, Bohumil, 2002. *Logistika oběhových procesů*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-719-4506-4.

ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. V Praze: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN ISBN978-80-7179-534-6.

ŠUBRT, Tomáš, 2015. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN ISBN978-80-7380-563-0.

7.2 Elektronické zdroje

EUROPEAN-UNION.EUROPA, 2024. Environment [online]. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/environment_cs

Google maps [online], 2024. [cit. 2024-01-24]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>

Charakteristika silniční dopravy, 2018. DUNDR, Tomáš. *Doprava logistika* [online]. 24.4.2018 [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/33/charakteristika-silnicni-dopravy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eo4EsCkVuGXAfza-ZrWIZ7A/>

Mbeznin [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.mbenzin.cz/Prumerne-ceny-benzinu>

Potrubní pošta [online], 2023. [cit. 2023-10-07]. Dostupné z: <https://www.potrubniposta.cz/produkty-sluzby/potrubni-posta-detail/>

TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv AUTORŮ, 2017. *Vodní doprava* [online]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/vodni-doprava-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eluk3A1jA9RsttJVFFohsn0/>

ZEA, produkty [online], [cit. 2023-08-02]. Dostupné z: <https://zea.cz/produkty>

ZEA, zea-land [online], [cit. 2023-08-02]. Dostupné z: <https://zea.cz/zea-land>

8 Seznam obrázků; Seznam tabulek; Seznam použitých zkratk

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rámcové vztahy mezi logistikou oběhových procesů	13
Obrázek 2 Okružní problém s neúplnou sítí cest a úplnou sítí cest.....	17
Obrázek 3 Postup metody nejbližšího souseda.....	19
Obrázek 4 Postup metody VAM.....	21
Obrázek 5 Porovnání jednookruhového a víceokruhového okružního dopravního problému	22
Obrázek 6 Postup Mayerova metoda	23
Obrázek 7 Logo vybrané firmy.....	24
Obrázek 8 Trasa ZEA Sedmihorky.....	25
Obrázek 9 Trasa pomocí metody nejbližšího souseda.....	45
Obrázek 10 Trasa pomocí VAM.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání jednotlivých druhů dopravy ve vztahu k zákaznickému servisu.....	15
Tabulka 2 Pořadí navštívených míst společností ZEA Sedmihorky.....	25
Tabulka 3 Matice sazeb	26
Tabulka 4 Metoda nejbližšího souseda 1.krok.....	27
Tabulka 5 Metoda nejbližšího souseda 2.krok.....	28
Tabulka 6 Metoda nejbližšího souseda 3.krok.....	29
Tabulka 7 Metoda nejbližšího souseda 4.krok.....	29
Tabulka 8 Metoda nejbližšího souseda 5.krok.....	30
Tabulka 9 Metoda nejbližšího souseda 6.krok.....	31
Tabulka 10 Metoda nejbližšího souseda 7.krok.....	32
Tabulka 11 Metoda nejbližšího souseda 8.krok.....	33
Tabulka 12 Metoda nejbližšího souseda 9.krok.....	34
Tabulka 13 VAM 1.krok.....	35
Tabulka 14 VAM 2.krok.....	36
Tabulka 15 VAM 3.krok.....	37
Tabulka 16 VAM 4.krok.....	37
Tabulka 17 VAM 5.krok.....	38
Tabulka 18 VAM 6.krok.....	39
Tabulka 19 VAM 7.krok.....	40
Tabulka 20 VAM 8.krok.....	41
Tabulka 21 VAM 9.krok.....	41
Tabulka 22 Porovnání spotřebovaných litrů paliva	46
Tabulka 23 Porovnání nákladů na naftu	46

Seznam použitých zkratek

Spol. s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
Např.	Například
Km	Kilometr
HC	Vysoká koncentrace (high concentration)
Apod.	A podobně
S.	Strana
Tj.	To je
VAM	Vogelova aproximační metoda
Tzv.	Tak zvaně
Resp.	Respektive
H	Hodina
Min	Minuta
L	Litr
pH	Potenciál vodíku (potential of hydrogen)

Přílohy

Příloha 1 - Expediční list

firma [SEDMIHORKY_2023, 01.2023-12.2023, ZEA Sedmihorky 2023]

Strana 1/2

Expediční list

2023-EL-0015

Expedice : 9.2.2023 Mašek D., Mrázek P. 739064619#300

Pořadí Firma / IČO / Kontakt / Agronom

Odběrní místo / Skladník / Skladník2

1	Zemědělská společnost Čerchov,, Klenčí pod Čerchovem 25236601 Jaroslav Sobotka:	sklad osiv Klenčí, Klenčí pod Čerchovem 55, 34534, Klenčí pod Čerch Jaroslav Sobotka
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1014		Dodáno Šarže
30901665/P LUDMILO INITIO - osivo kukui 45		
Poznámka:		
Palety:		
2	Zemědělská společnost Srstice a, Srstice 115720	sklad osiv Srstice, Srstice 19, 34543, Koloveč Ivan Šalom:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1003		Dodáno Šarže
30901665/P LUDMILO INITIO - osivo kukui 38		
30901502/P AMAVERITAS INITIO - osivo k 38		
Poznámka:		
Palety:		
3	AGRO Lochousice s.r.o., Lochousice 06640036 Jana Šlechtová:	sklad osiv Lochousice, Zemědělský areál, 33023, Lochousice Jana Šlechtová:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1042		Dodáno Šarže
30901695/P KWS LAURO INITIO - osivo ku 35		
Poznámka:		
Palety:		
4	ZEVYP-pozemky s.r.o., Kladruby u Stříbra 26315459 Michal Duffek:	sklad osiv Žďár, Žďár, 34961, Kladruby u Stříbra Michal Duffek
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1027		Dodáno Šarže
30901502/P AMAVERITAS INITIO - osivo k 135		
30901562/P KWS SALAMANDRA INITIO - o 72		
30901361/P WALTERINIO - osivo kukuřice 144		
Poznámka:		
Palety:		

Expediční list

Expedice : 9.2.2023 Mašek D., Mrázek P. 739064619#300

Pořadí Firma / IČO / Kontakt / Agronom

Odběrní místo / Skladník / Skladník2

5	Jurčík Jaroslav, Bor u Tachova 71215417 Karel Chaloupka:	sklad osiv Holostřevy, Holostřevy 5, 34802, Bor u Tachova Jaroslav Jurčík:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1029		Dodáno Šarže
30901502/P	AMAVERTAS INITIO - osivo k	45
30901605/P	KWS JAIPUR INITIO - osivo kl	45
Poznámka:		
Palety:		
6	Úněšovský statek, a.s., Úněšov 49790277 Jan Hůrka:	sklad osiv Úněšov, Úněšov 76, 33038, Číhaná Jan Hůrka:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1046		Dodáno Šarže
30901605/P	KWS JAIPUR INITIO - osivo kl	63
30901562/P	KWS SALAMANDRA INITIO - o	63
Poznámka:		
Palety:		
7	Kladrubská a.s. Kladruby, Zbiroh 25215671	sklad osiv Mlečice, Mlečice, 33808, Zbiroh Václav Spurný: Vladimír Čihák:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1031		Dodáno Šarže
30901531/P	RUDOLFINIO KWS - osivo kuki	112
30901665/P	LUDMILO INITIO - osivo kukui	145
Poznámka:		
Palety:		
8	ZBIROŽSKÁ a.s., Zbiroh 00119296 Vladimír Balák:	sklad osiv Zbiroh, Bezručova 213, 33808, Zbiroh Vladimír Balák:
O S I V O dle smlouvy 2023-04-1019		Dodáno Šarže
30901562/P	KWS SALAMANDRA INITIO - o	250
Poznámka:		
Palety:		