

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Plánování dopravních tras ve vybrané společnosti**

**Jan Rola**

© 2022 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Rola

Ekonomika a management

Název práce

**Plánování dopravních tras ve vybrané společnosti**

Název anglicky

**Routes Planning in Particular Company**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnocení efektivnosti plánování okružních dopravních tras pro společnost COSTE czech a.s. a odstranění případných nalezených nedostatků. Dílčím cílem je identifikovat a popsat faktory, které ovlivňují jednotlivé trasy a mají zásadní vliv na nákladovost logistického systému.

### Metodika

V teoretické části budou popsány metody, které řeší podstatu problému distribučních úloh. Základem stanovení odborných termínů a postupů jednotlivých metod bude studium doporučené odborné literatury. V praktické části bude stanoven postup ideálního řešení nového dopravního okružního plánu, ve kterém budou zahrnuty všechny aktuální změny požadavků společnosti. Tento plán bude porovnán se stávajícím přepravním plánem. Podle zjištěných výsledků bude doporučen efektivní systém plánování dopravních tras pro minimalizaci nákladů spojených s dopravou ve společnosti COSTE czech a.s.

## **Doporučený rozsah práce**

30-40 stran

## **Klíčová slova**

Logistika, plánování dopravních tras, okružní dopravní problém, optimalizace

---

## **Doporučené zdroje informací**

DOSTÁL, Petr, Zuzana JANKOVÁ, Monika ŠEBESTOVÁ a Eva MACHŮ. Operační a systémová analýza: pokročilé metody. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2020. ISBN 978-80-7623-030-9.  
LUKOSZOVÁ, Xenie. Logistika pro obchod a marketing. Jesenice: Ekopress, 2020. ISBN 978-80-87865-59-0.  
MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. Logistika. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.  
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**

2021/22 LS – PEF

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 26. 11. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 26. 02. 2022



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Plánování dopravních tras ve vybrané společnosti" jsem vypracoval(a) 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2022

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Milanu Houškovi, Ph.D. za čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce. Děkuji za jeho odborné připomínky a rady, díky kterým jsem byl schopen vypracovat tuto bakalářskou práci. Dále bych chtěl poděkovat společnosti COSTE czech a.s. Jmenovitě děkuji předsedovi představenstva, Milanu Rohlovi, za poskytnutí dat a za důvěru při řešení aktuální podnikové situace, čímž vznikl důvod pro vypracování této práce.

# Plánování dopravních tras ve vybrané společnosti

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá tématem plánování okružních dopravních tras pro konkrétní dopravní problém ve společnosti COSTE czech a.s. V teoretické části jsou definovány základní disciplíny spojené s tématem práce, jimiž jsou logistika a doprava. Dále jsou představeny matematické metody a algoritmy, které jsou aproximační povahy a spadají do oboru operační analýzy. V poslední části teorie je představen software, který je použit pro výpočty v případové studii. Náplní praktické části je tvorba zcela nových okruhů, které obsahují všechny aktuální uzly. Nejprve je ovšem představena společnost a stav aktuální situace v podniku, z níž vychází problém, který je v práci řešen. Pro rozřazení uzlů do jednotlivých okruhů je použita Mayerova metoda a dále jsou okruhy optimalizovány pomocí dalších aproximačních metod, kterými jsou například metoda větví a mezí a Vogelova aproximační metody. Pro výpočty je používán program TSPKOSA, který těmito metodami disponuje. Na závěr jsou shrnuty výsledky a přehledně vytvořen seznam nových dopravních tras, které autor doporučuje společnosti používat. Tento přehled obsahuje vzdálenosti a časové zatížení neboli délku pracovní doby. Autor zároveň upozorňuje na možné rozdíly mezi teoretickým optimem získaným matematickými výpočty a aplikací v praxi.

**Klíčová slova:** Logistika, doprava, Mayerova metoda, Vogelova aproximační metoda, metoda větví a mezí, TSPKOSA, dopravní okruh, okružní dopravní problém, metoda nejbližšího souseda, operační výzkum

# Routes Planning in Particular Company

## Abstract

This bachelor's thesis deals with theme of routes planning for specific routing problem of the company COSTE Czech a.s. In the theoretical part are defined basic subjects connected with the theme of thesis, which are logistic and transportation. Then are introduced mathematical methods and algorithms, which have approximation character, and which are based in operation analysis. In the last part of theoretical part is introduced the software, which is used for calculations in case study. Main content of the practical part is construction of the new routes, which contain all actual nodes. At first is introduced company and actual situation outside the company, from which is based the problem solved in the thesis. For nodes classification to individual routes is used Mayer's method and then are routes optimized by approximation methods, for example Branch and bound algorithm and Vogel's approximation method. For calculations is used a software called TSPKOSA, which contain these methods. At the end are summarized the results and clearly created new routes, which are recommended by author to use. This summary contains distances and time load or working hours. Autor also give attention to differences between optimum gained by mathematical calculations and application in practice.

**Keywords:** Logistics, Transportation, Mayer's method, Vogel's approximation method, Branch and bound algorithm, TSPKOSA, Transport route, Vehicle routing problem, Nearest neighbour algorithm, Operation research



# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>13</b>
2.1 Cíl práce .....	13
2.2 Metodika .....	13
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>14</b>
3.1 Logistika.....	14
3.2 Doprava.....	18
3.3 Matematické metody.....	19
3.4 Software pro dopravní plánování.....	24
3.5 Přehled souvisejících prací.....	25
<b>4 Vlastní práce .....</b>	<b>26</b>
4.1 COSTE czech a.s.....	26
4.2 Vstupní analýza.....	27
4.3 Definice nových dopravních tras .....	34
4.4 Vyhodnocení nově vytvořených okruhů .....	40
<b>5 Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>6 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>46</b>
6.1 Literární zdroje a akademické práce .....	46
6.2 Internetové zdroje.....	47
<b>7 Přílohy.....</b>	<b>48</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Proces vytváření prastrumu při metodě Větví a mezi .....	23
Obrázek 2: Logo.....	26
Obrázek 3: 1. okruh pro vozidlo SPZ 1UC2179 (PO, ST, PÁ) .....	34
Obrázek 4: 2. okruh pro vozidlo SPZ 1UC2179 (ÚT, ČT).....	35
Obrázek 5: 1. okruh pro vozidlo SPZ 9U38127 (PO, ST, PÁ).....	36
Obrázek 6: 2. okruh pro vozidlo SPZ 9U38127 (ÚT, ČT) .....	36
Obrázek 7: 1. okruh pro vozidlo SPZ 9U82513 (PO, ST, PÁ).....	37
Obrázek 8: 2. okruh pro vozidlo SPZ 9U82513 (ÚT, ČT) .....	38
Obrázek 9: 1. okruh pro vozidlo SPZ 8U15819 (PO, ST, PÁ).....	38
Obrázek 10: 2. okruh pro vozidlo SPZ 8U15819 (ÚT, ČT) .....	39
Obrázek 11: Víkendový okruh.....	40

## Seznam tabulek

Tabulka 1: 1. okruh pro vozidlo spz - 9U38127 (PO, ST, PÁ)
Tabulka 2: 2. okruh pro vozidlo spz - 9U38127 (ÚT, ČT)
Tabulka 3: 1. okruh pro vozidlo spz - 9U82513 (PO, ST, PÁ)
Tabulka 4: 2. okruh pro vozidlo spz - 9U82513 (ÚT, ČT)
Tabulka 5: 1. okruh pro vozidlo spz - 8U15819 (PO, ST, ČT)
Tabulka 6: 2. okruh pro vozidlo spz - 8U15819 (ÚT, ČT)
Tabulka 7: 1. okruh pro vozidlo spz - 1UC2179 (PO, ST, PÁ)
Tabulka 8: 2. okruh pro vozidlo spz - 1UC2179 (ÚT, ČT)

## Seznam použitých zkratk

ODP	Okružní dopravní problém
TSP	Traveling Salesman Problem
VAM	Vogelova aproximační metoda
VMI	Vendor Managed Inventory
VODP	Víceokruhový okružní dopravní problém

# 1 Úvod

Logistika je věda původem vycházející z vojenství. Pojem je dnes již ovšem běžně používán i v civilních odvětvích a téměř v každé společnosti tvoří nedílnou součást při výkonu každodenní činnosti. Logistika jako taková, a všechny procesy s ní spojené, ovlivňují dost velkou část provozních nákladů. A tak má zásadní dopad na profitabilitu a udržitelnost společností.

I přesto, že je toto odvětví důležité, jak pro výrobní podniky, tak i pro obchodní společnosti a poskytovatele služeb, existuje množství společností nepřisuzujících velký zřetel logistice, což může být hlavním důvodem malé prosperity a nefunkčnosti vnitropodnikového systému. Každá společnost si zakládá na svých zákaznících a pravidelně řeší otázky týkající se jednotlivých podnikových prvků jako zboží, výrobky, materiály, pracovní síly, výrobní stroje, informace a spousta dalších prvků, které je nutné spojovat vždy s určitým místem a časem. Bohužel se stává, že tato koordinace mezi prvky nefunguje, tudíž logistika zaostává. Je tak jasné, že se logistika týká téměř každého procesu, ať už to je tok a pořízení vstupů a zdrojů, tak samotná náplň podnikatelské činnosti podniku a následná distribuce produktů a služeb zákazníkům, což přináší zisky.

S logistikou je úzce spojena doprava, která umožňuje průběh logistické činnosti a je její nedílnou součástí. Schopnost ovládat podnikovou dopravu z velké části ovlivňuje nákladovost logistiky a její efektivitu. S dopravou to není vždy jednoduché, jelikož je jako každé jiné společenské jednání a činnost právně ohraničena, což tvoří další překážky v celém procesu.

Z výše uvedených obecných charakteristických rysů, se kterými je moderní logistika spojená, jasně vyplývá, že je logistika velice důležitá a spousta společností si tuto skutečnost uvědomuje a plně se jí věnuje. Ať už se rozhodne společnost řešit otázku logistika sama a zajistí pracovní pozici a zdatné zaměstnance, nebo tuto činnost deleguje externí společnosti, která se vyloženě zabývá její efektivitou, je logistika nákladnou položkou. Proto se zároveň firmy snaží vynaložit na logistiku co nejméně prostředků, ovšem ve většině případů to znamená, že nikdy nedosáhne zcela optimálních řešení, což se promítá ve výsledných provozních nákladech, které jsou vyšší, než kdyby společnost věnovala logistice více kapacit.

Obecná znalost logistiky, logické uvažování a v neposlední řadě odborné matematické postupy dokážou dost dobře optimalizovat logistické procesy odvíjející se od

jednotlivých požadavků každé společnosti. Samotný matematický obor obsahující tyto metodologické postupy se nazývá operační analýza nebo též výzkum. Součástí operačního výzkumu jsou metody právě pro optimalizaci a maximální zefektivnění dopravních tras, okruhu pro obchodního cestujícího, distribuční problém rozvozu materiálu a výrobků, metody podporující proces rozhodování, což je důležitou činností při řízení, dále síťová analýza a další. Tyto algoritmy jsou zpracovány ve formě počítačových programů a jako nabízených software jsou kvalitní logistickou podporou pro společnosti.

Ve společnosti COSTE czech a.s. došlo k situaci, kdy vlivem pandemie v roce 2020, nastaly změny týkající se odběratelské struktury, přičemž do té doby nebyly dopravní trasy nijak optimalizovány. Z důvodu těchto podnětů je zde velký prostor právě pro návrh zcela nových dopravních okruhů, které budou optimalizovány matematickými modely.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce bude zhodnocení efektivnosti dopravního plánování tras ve společnosti COSTE czech a.s. a koordinace okruhů v rámci nové zákaznické struktury pro nadcházející sezónu 2021/2022. Pomocí optimalizačních matematických metod budou vytvořeny zcela nové dopravní okruhy, které v závislosti na smluvních podmínkách budou pokrývat všechny požadavky odběratelů. Tyto okruhy budou z matematického hlediska nejbližší optimu. Nakonec budou shrnuty výsledky a představena východiska a doporučení vycházející z řešení tohoto dopravního problému.

### **2.2 Metodika**

Prvním bodem této bakalářské práce bude nastudování odborných teoretických poznatků. Nejprve budou na základě literární rešerše představena teoretická východiska, která jsou úzce spojena s logistickou a všemi podpůrnými odvětvími této vědy. Následovat bude definice pojmu doprava, úzce spojeného s logistikou. Další teoretické poznatky od autorů zabývajících se ekonomicko matematickými metodami, které řeší problémy okružních dopravních metod. Tyto metody spadají do skupiny aproximačních matematických metod a zařadit je můžeme do oboru operační analýzy. Posledním bodem z teoretické části bude software TSPKOSA a ostatní programy, které mohou v koordinaci s výpočetní technikou usnadnit aplikaci těchto matematických metod.

Praktická část je rozdělena do čtyř stěžejních částí. V první části je představena konkrétní společnost - COSTE czech a.s. Definována je její hlavní podnikatelská činnost, která je důvodem celé bakalářské práce. V druhé části je obsažena vstupní analýza dat, pomocí níž je definován dopravní problém, který je třeba vyřešit. Ve třetí části jsou za pomoci Mayerovy metody, a dalších aproximačních metod, sestaveny nové dopravní okruhy pro vybranou společnost. V poslední části jsou shrnuty výsledky výpočtů a závěr řešení. Dále jsou uvedeny všechny praktické skutečnosti a doporučení společnosti, jak by mohlo být naloženo s teoretickými výsledky provedených výpočtů v praxi.

### 3 Teoretická východiska

V úvodní teoretické části budou rozebrána teoretická východiska týkající se vědního oboru logistika. Dále bude definován pojem logistika a zároveň zmíněny cíle a vymezení této disciplíny. Popsána bude i základní struktura a úkony v logistice postavené na odborných poznatcích autorů, ze kterých tato literární rešerše vychází.

Dále bude popsána doprava, jakožto hlavní činnost umožňující průběh logistických operací. To ovšem znamená i právní rámec, který logistiku omezuje (dopravní zákon).

V neposlední řadě bude uvedena část z odborné matematiky. Pomocí níže zmíněných matematických metod, které jsou součástí operačního výzkumu bude možné provést praktickou část a případovou studii této bakalářské práce.

Na konec bude představen software, který ulehčuje práci a výpočty pomocí těchto matematických metod.

#### 3.1 Logistika

##### 3.1.1 Vznik pojmu logistika

Logistika jako taková je původem vojenskou disciplínou. Podle Macurové (2018) bylo použití pojmu logistika spojené s vojenstvím chápáno jako nauka o pohybu, zásobování a ubytování vojsk.

Pojem logistika byl odvozen od řeckého základu „logos“, což se dá přeložit jako slovo rozum nebo počítání. Vznik hospodářské logistiky se v odborné literatuře datuje k roku 1917 ve Spojených státech amerických. Impulsem jejího vzniku byl nejslabší (nejnákladnější) nástroj marketingu, kterým je distribuce, a to právě pro výrazně racionalizační efekty logistiky. Logistika vnikla tedy ve skutečnosti jako distribuční logistika spojená s pojmem tzv. fyzické distribuce. Pojem fyzická distribuce můžeme v současnosti vnímat jako synonymum termínu distribuční logistika. (Lukoszová, 2020)

Po druhé světové válce se pak vyvinuly matematické metody jako lineární programování a rozvozové plány, které byly přeneseny z vojenské sféry do civilní. Tato plánovací matematika byla označena jako „operační výzkum“, který je dodnes uplatňován ve vztahu k zajištění materiálu, přesun surovin a plánování výroby. (Oudová, 2016)

### 3.1.2 Charakteristika a význam

Logistika bývá charakterizována jako „kvantifikované řízení“. V jejím metodickém aparátu nacházejí uplatnění nejrůznější metody auditu, benchmarking, expertní metody, prognostické a predikční metody, metody modelování a hodnocení variant, metody operačního výzkumu, metody hodnotové analýzy a hodnotového inženýrství, statistické metody pro zpracování informací a spousta dalších metod. (Jirsák, 2012)

Za hlavní předmět logistiky jsou v novodobé teorii a praxi považovány fyzické (hmotné) a s nimi spojené informační a finanční toky, které jsou uskutečňovány při uspokojování požadavků po produktech. K charakteristikám toků patří například jejich věcná podstata, objem, směr, vzdálenost, doba trvání a rychlost, spotřeba zdrojů a míra užitečnosti. (Macurová, 2018)

**Tokem** v logistice rozumíme posloupnost stavů pohybů a stav klidu. Toky jsou projevem vzájemně závislých procesů.

**Fyzické toky** představují tok surovin, materiálů, výrobků, obalů, odpadů ale i osob a nosičů informací.

**Informační toky** iniciují, doprovázejí a dokumentují průběh toků fyzických a poskytují vzpětnou vazbu od zákazníka. Jde také o informace týkající se požadavků zákazníků.

**Peněžní toky** mají charakter peněžních příjmů a výdajů spojených s fyzickými a informačními toky.

Logistika jakožto komplexní disciplína zkoumá a zajišťuje spoustu dílčích činností, které ji spolu formují. Macurová (2018) popisuje typické logistické aktivity spojené s obstaráváním všech toků. Je jím například předvídaní poptávky, navrhování logistického řetězce, nákup, zpracování objednávek, nákup zásob, plánování a řízení služeb, balení, skladování, doprava, prodejní podpora apod.

S logistikou spojovaný termín „supply chain“ bývá nepřesně překládán jako dodavatelský řetězec, což stírá jeho podstatný rys, totiž dominantní postavení konečných zákazníků. (Jirsák, 2012)

Evropská logistická asociace vymezuje vedle pojmu supply chain zároveň pojem supply chain management a definuje jej jako „organizování, plánování, řízení a uskutečňování toku výrobků od vývoje a opatřování přes výrobu a distribuci k finálnímu zákazníkovi tak, aby byly uspokojeny požadavky trhu nákladově efektivním způsobem“. (Jirsák, 2012)

Výše zmíněná definice supply chain managementu prakticky shrnuje obecný význam a předmět logistiky. Lukoszová (2020) uvádí obecný popis logistiky jako logistické řízení logistického řetězce a dosažení logistických cílů (výkonostní a ekonomické) podpořeno logistickými technologiemi.

### **3.1.3 Logistické řízení**

Poslaní logistického řízení je organizovat a usměrňovat toky a vykonávat integrační, koordinační a synchronizační funkce, které jsou zaměřeny na dosažení logistických cílů (minimalizace nákladů). Pojem logistický systém můžeme definovat jako účelově vytvořenou fyzickou řídicí strukturu, která umožňuje aktivovat, zabezpečovat, hodnotit a zlepšovat fungování toků uskutečňovaných prostřednictvím logistických řetězců. (Macurová, 2018)

Systémový přístup propojuje strategickou úroveň řízení s úrovní operativního řízení, propojuje zásobování s výrobou a distribucí. Současně dochází ke zkoumání vztahů příčina–následek. (Oudová, 2016)

Lambert (2000) definuje základní fáze řízení v logistice, kterými jsou plánování, organizování, realizace a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby, jehož cílem je uspokojit potřeby zákazníků.

Pokud podnik nezabezpečí efektivní a účinné řízení toku vstupních materiálů, výrobní proces nebude schopen vyrábět produkty za požadovnou cenu, a to v době, kdy jsou tyto produkty požadovány zákazníkem. Je proto důležité, aby řídicí pracovníci v oblasti logistiky správně chápali úlohu řízení materiálů a její vliv na skladbu nákladů a poskytovaných služeb. (Sixta, 2009)

Řízení v oblasti materiálů obvykle zahrnuje čtyři základní činnosti:

- 1. Předvídání materiálových požadavků.**
- 2. Zajišťování zdrojů a získávání materiálů.**
- 3. Dopravení a uložení materiálů do podniku.**



#### **4. Monitorování stavu materiálů jakožto běžného aktiva. (Sixta, 2009)**

##### **3.1.4 Logistický řetězec**

Logistický řetězec lze definovat jako lineární strukturu, která vznikla propojením procesů, jež jsou nutné k uspokojování požadavků zákazníků po produktech. Logistický řetězec se skládá ze všech procesů a účastníků, kteří jsou přímo nebo nepřímo zapojeni do plnění požadavků koncového zákazníka. (Macurová, 2018)

Pernica (2005) uvažuje o logistickém řetězci jako o posloupnosti všech aktivit, jejichž uskutečnění je nutnou podmínkou k dosažení cílového efektu, který má synergickou povahu. Zároveň rozlišuje jednotu řetězce na hmotnou a nehmotnou stránku, neboli přemísťování fyzických materiálů a nehmotných informací.

Fiala (2009) uvádí propojení základních subjektů tvořících obecnou strukturu logistického řetězce, jimiž jsou dodavatelé, výrobci, distribuční, prodejci a koncoví zákazníci.

Účelem logistického řetězce je dát do vzájemných souvislostí jednotlivé činnosti, které tvoří dějový sled. Zaměřovat se mohou buď na daný dějový sled, nebo mohou zohledňovat také vazby na vnější svět, který na řetězec působí. (Oudová, 2016)

Oudová (2016) rozlišuje logistické řetězce podle povahy toků a činnosti společnosti na pořizovací, výrobní a distribuční řetězce. Právě poslední zmíněný – distribuční řetězec zahrnuje prvky a činnosti, které zabezpečí cestu hotového výrobku (služeb) ke konečnému spotřebiteli, případně dalšímu distribučnímu mezičlánku (maloobchod, velkoobchod). Průběh logistického řetězce může být kontinuální, diskontinuální a diskrétní a souvisí s logistickými technologiemi.

##### **3.1.5 Logistické technologie**

V logistických systémech se snažíme pomocí vhodných metod přístupů a řídicích procedur vybrat a uspořádat jednotlivé operace, aby optimálně fungovaly. Jde tedy o to, aby zákazníkovi požadovaná úroveň logistických služeb byla zajištěna s co nejnižšími náklady, nebo při stanovené výši nákladů byla dosažena maximální úroveň poskytovaných služeb. Tento systémově chápaný sled procesů, úkonů a operací uspořádaný do dílčích ustálených procesů nazýváme logistické technologie. S rozvojem moderní logistiky ve světě postupně vzniklo a na základě získaných zkušeností při jejich uplatňování

v logistických systémech se neustále rozvíjí množství logistických technologií. (Sixta, 2009)

Lukoszcová (2020) rozděluje logistické technologie do dvou hlavních skupin, a to na logistické technologie v zásobovací části dodavatelského řetězce a logistické technologie v distribuční části dodavatelského řetězce. Mezi nejznámější patří technologie „*Just in Time*“, která patří k nejznámějším a spočívá v dodání menšího množství zboží (služeb) v okamžitou dobu a vždy na přání poptávající části řetězce. Základní výčet technologií v zásobovací části dle Lukoszcové (2020):

- Just in Time
- Just in Case
- Metoda centralizace skladů spojená s koncentrací jejich sítě
- Řízení zásob pro odběratele dodavatelem (VMI)
- Technika společného plánování, prognózování a doplňování zásob

Autorka dále interpretuje několik technologií v distribuční části:

- Cross Docking
- Hub and Spoke
- Technologie Gateway
- Manipulační jednotky a další

Sixta (2009) navíc zmiňuje další celosvětově známé technologie mezi které řadí například Kanban, Quick Response nebo Efficient Consumer Response.

## 3.2 Doprava

Doprava je nedílnou součástí distribučního řetězce. Bezprostředními subjekty vztahů v nákladní dopravě jsou dopravce a přepravce. Dopravou se rozumí proces pohybu dopravních prostředků po dopravní cestě. (Macurová, 2018)

Zprostředkovatelem logistické činnosti je právě doprava, která zajišťuje přesun výrobků na geograficky oddělené trhy, pokud výrobky přicházejí na trh včas, nepoškozené a v požadovaném množství, poskytuje doprava zákazníkům přidanou hodnotu. Vzhledem k tomu, že doprava je zdrojem přínosu místa a přispívá k tvorbě přínosu času, mají faktory jako dostupnost dopravy, kapacita, přepravní kapacita a dopravní politika významný vliv na podnikatelská rozhodnutí. (Lambert, 2000)

Základní funkcí dopravy je přeprava materiálu, výrobků nebo zboží a s touto přepravou spojené ložné operace. (Oudová, 2016)

Přeprava je tou částí dopravy, kterou se uskutečňuje přemístění osob či materiálu s využitím určených přepravních a dopravních prostředků, přičemž jako přepravní prostředky jsou označovány veškeré technické prostředky, které umožňují provedení přepravy dopravním prostředkem. Podmínky pro chování dopravních podniků a jejich zákazníků vytváří dopravní politika, která se zabývá dlouhodobým zaměřením dopravního systému státu a jeho strukturou. (Oudová, 2016)

### **3.2.1 Silniční doprava**

Historie silniční dopravy, resp. výstavby veřejné komunikační sítě, je stejně stará jako historie stavby měst, neboť ulice, náměstí a veřejné prostory sloužily odedávna k dopravě osob a nákladů. Díky operativnosti a rychlosti úspěšně konkuruje ostatním druhům dopravy (např. železniční). Zajišťuje přepravu osob a nákladů především na kratší vzdálenosti a s výstavbou a rozšiřováním silničních sítí získala ve většině vyspělých zemí vedoucí postavení a uplatnění hlavně u vnitrostátní dopravy. Oproti ostatním druhům doprav se ovšem stále řadí mezi nejméně bezpečné. (Škapa, 2008)

Silniční přepravu je možné v současnosti pokládat za nejrychleji se rozvíjející, ale také nejproblematičtější typ přepravy. Hlavní faktory, které vývoj silniční přepravy nepříznivě ovlivňují, jsou ekologická závadnost a narušování životního prostředí, nízká průchodnost hlavní silniční a dálniční sítě a s ní spojená vysoká nehodovost a silné konkurenční prostředí mezi dopravci. (Lukoszová, 2020)

## **3.3 Matematické metody**

### **3.3.1 Dopravní problém jako ekonomický a matematický model**

V dopravním problému se v typickém případě jedná o rozvržení rozvozu nějakého zboží či materiálu z dodavatelských míst (zdroje) odběratelům (cílová místa tak, aby byly minimalizovány celkové náklady související s tímto rozvozem. (Jablonský, 2007)

Šubrt a kol. (2019) popisují několik metod, kterými lze vyřešit problém distribučních úloh. Vedle jednostupňové dopravní úlohy, přiřazovací úlohy popisuje okružní dopravní problémy, a to sice jednookruhový i víceokruhový okružní dopravní problém.

### 3.3.2 Okružní dopravní problém

Okružní dopravní problém, který se někdy označuje i jako úloha obchodního cestujícího, má řadu společných rysů s přiřazovacím problémem. (Jablonský, 2007)

V angličtině se používá název Traveling Salesman Problem (zk. TSP). Obchodní cestující, resp. vozidlo má navštívit na trase několik míst, a to každé místo právě jednou, a vrátit se zpět do výchozího místa. Výsledná trasa tudíž tvoří okruh (cyklus) a cílem je nalézt nejkratší takový okruh. (Fábry, 2019)

Vedle výše zmíněného tzv. jednookruhového okružního dopravního problému existují dle Šubrt a kol. (2019) i víceokruhové okružní dopravní problémy, někdy rovněž nazývané trasovací problémy.

Okružní dopravní problémy patří z matematického hlediska mezi tzv. NP-úplné problémy, pro které neexistuje žádný efektivní algoritmus, který by našel přesné matematické optimum. Existuje však řada aproximačních metod, jejichž řešení lze považovat za ekonomické optimum. (Šubrt a kol., 2019)

### 3.3.3 Jednookruhový okružní dopravní problém

Řešení modelu spočívá v hledané okružní trase, která je popsána tak, že každému místu, které projíždíme přiřadíme místo, které je na okružní následuje. Cílem úlohy je propojit všechna místa okružním spojením, tj. najít takovou posloupnost těchto míst, ve které se každé z nich vyskytuje právě jednou s výjimkou počátečního, které se objeví opět na jejím konci. Šubrt a kol (2019)

Kučera (2009) ve své disertační práci uvádí několik metod, kterými lze vyřešit jednookruhový dopravní systém. Používají se metody aproximační, a to z důvodu neexistence matematického optima. Aproximační funkce tak efektivně maximalizují optimum a přibližují se nejlepší účelové funkci. Jmenovitě uvádí například metodu výhodnostních čísel, metodu nejbližšího souseda nebo metodu ztrát, neboli Vogelovu aproximační metodu.

### 3.3.4 Víceokruhový okružní dopravní problém

Nejčastější příčinou, proč je třeba okružní přepravu rozdělit do více okruhů, jsou kapacitní omezení. Kapacita vozidla totiž mnohdy nestačí pokrýt požadavky všech míst na dopravu materiálu. Je tedy potřeba naplánovat několik okruhů (každý pro jedno vozidlo) tak, aby každý začínal a končil v centrálním místě, suma kapacit (požadavků) všech

necentrálních míst, která se na něm nacházejí, přitom nesmí být větší než kapacita vozidla a každé necentrální místo musí ležet právě na jednom okruhu. (Šubrt a kol., 2019)

### 3.3.5 Mayerova metoda

Metoda určena pro víceokruhový okružní dopravní problém kapacitně omezený. Metoda pouze rozdělí uzly do skupin, z nichž každé bude tvořit jeden okruh. Neřeší tedy úlohu úplně. Místa ve skupině je potom třeba seřadit do okruhu některou z metod jednookruhového okružního dopravního problému (viz. 3.3.6, 3.3.7, 3.3.8, 3.3.9). (Kučera, 2009)

Šubrt a kol. (2019) popisují v následujícím postupu aplikaci Mayerovy metody:

- 1) V tabulce sazeb víceokruhové úlohy si seřadíme místa (v řádcích i sloupcích) sestupně podle vzdálenosti od místa centrálního svozu a přidáme sloupec obsahující požadavky jednotlivých míst
- 2) Označíme první sloupec této tabulky a požadavek v prvním řádku a první řádek vyškrtneme. Pro každé z ostatních míst sečteme jeho přepravní požadavek s označeným a u všech míst, kde tento součet bude větší než kapacita vozidla, vyškrtneme v prvním sloupci buňku v příslušném řádku.
- 3) Z nevyškrtnutých prvků v prvním sloupci vybereme minimální (nejhořejší). Ten označuje místo, které jako další přiřazujeme do právě konstruované okružní trasy
- 4) Odpovídající sloupec a požadavek v odpovídajícím řádku označíme a řádek opět vyškrtneme.
- 5) Celý postup opakujeme, dokud při porovnávání kapacit nevyškrtneme příslušné sloupce a požadavky.
- 6) Ve zbylé části tabulky hledáme stejným způsobem místa do dalších okružních tras. Místa v jednotlivých okruzích seřadíme například některou z uvedených metod pro jednookruhové úlohy.

### 3.3.6 Vogelova aproximační metoda

Vogelova aproximační metoda (metoda VAM) dává řešení blízké optimu, proto patří k nejpoužívanějším aproximačním metodám. Je založena na obsazování políček nejen podle nejvýhodnější sazby, ale bere v úvahu i rozdíly mezi nejvýhodnějšími sazbami

v řadách tabulky tím zajišťuje obsazování výhodných spojů v průběhu celého výpočtu rovnoměrně.

V každé řadě (řádku a sloupci) tabulky vypočítáme diferenci mezi dvěma nejuvhodnějšími sazbami. V řadě s největší diferencí určíme políčko s nejuvhodnější sazbou a obsadíme ho. Vyškrtneme příslušný řádek a přepočítáme difference. Postup opakujeme ve zmenšené tabulce. (Kosková, 2004)

Šubrt a kol. (2019) popisuje VAM jako metodu pro jednostupňovou dopravní úlohu, a tak je potřeba metoda v rámci jednookruhového okružního dopravního problému modifikovat, aby ji bylo možno použít. Především není třeba u jednookruhového okružního dopravního problému uvažovat přepravované množství zboží. Dále se vyškrťává jak řádek, tak sloupec, ve kterých se obsazovaná buňka nachází. A kromě toho je potřeba vyškrtnout ještě jednu další buňku, která s právě obsazenou buňkou a případně ještě několika již dříve obsazenými uzavírá okruh, který neprochází všemi místy.

### 3.3.7 Metoda nejbližšího souseda

Při hledání přípustného řešení TSP lze využít řadu tzv. *heuristických metod*. Heuristické metody jsou postupy určené k získání přípustného řešení nezaručují získání řešení optimálního. (Fábry, 2019)

Metoda spočívá v tom, že postupně každé místo bereme jako výchozí, z každého výchozího místa najdeme nejbližší místo, z tohoto pak zase nejbližší místo (pokud jsme ho nezařadili do řešení, pak by se muselo vybrat druhé nejbližší místo) a tímto způsobem pokračujeme, dokud neuzavřeme okruh. Stejně postupujeme u všech výchozích míst. U míst, která ve skutečnosti výchozí nejsou, se musí okruh vhodně posunout. (Friebešová, 2009)

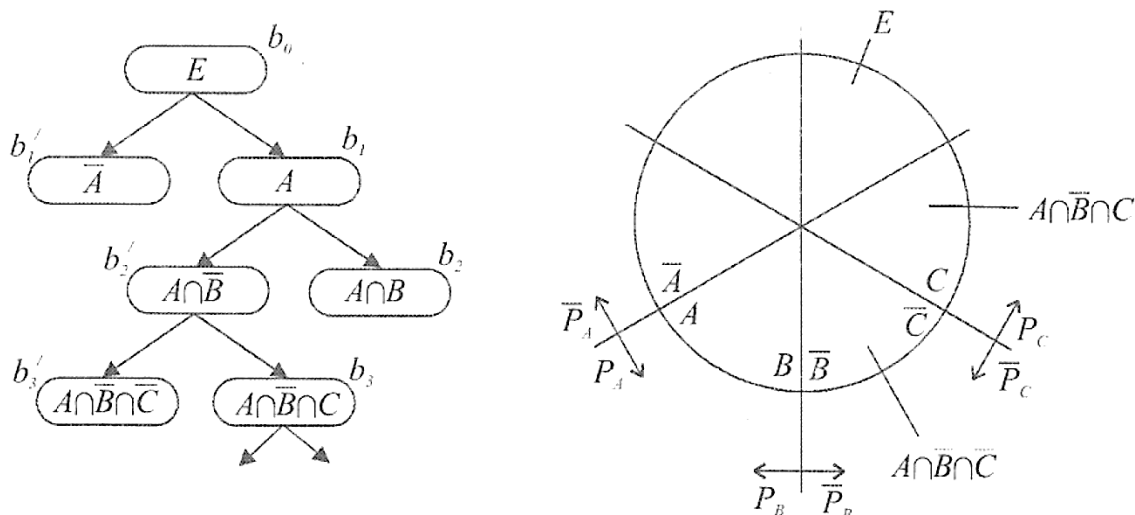
### 3.3.8 Algoritmus Branch and bound

Bočková (2019) ve své diplomové práci popisuje princip algoritmu Branch and bound, neboli metody Větví a mezí, jako jednoho z algoritmů patřícího mezi celočíselná lineární programování. V průběhu algoritmu se úloha větví a hledá se její horní a dolní omezení pro hodnotu účelové funkce. Proto dále popisuje ve své práci kroky prováděné v každém řešení. Prvním z nich je podle autorky rozvětvení na další dvě úlohy, pokud optimální řešení obsahuje neceločíselnou složku a předchozí úlohu doplníme o podmínky. Při větvení se tak nacházejí i celočíselná řešení a u nich si pamatujeme to s nejnižší

účelovou funkcí. Jakékoliv jiné řešení pak porovnáváme s tím dočasně nejlepším řešením, naopak řešení, která mají hodnotu horší než dočasná nejlepší, se již dále nevětví.

Je-li výsledkem daného procesu visící vrchol, který představuje jednoprvkovou množinu, potom funkce  $f$  nabývá na této množině minimální hodnotu. (Volek, 2008)

**Obrázek 1: Proces vytváření prastrumu při metodě Větví a mezi**



Zdroj: Volek, 2008, s. 84

### 3.3.9 Přehled dalších komplexnějších metod a algoritmů pro ODP

**Littův algoritmus** slouží pro nalezení minimálních (maximálních) hamiltonovských kružnic grafu. Hamiltonovskou kružnicí je možno pokládat za cestu obchodního cestujícího, který musí navštívit všechna místa (vrcholy grafu), každé pouze jednou a vrátit se do místa odkud vyšel s tím, že celková projetá vzdálenost (celkový čas strávený v dopravním prostředku) bude minimální. Little v algoritmu využívá principy metody větve a hranice (Branch and Bound). (Volek, 2008)

**Metoda stromů** je kombinací Mayerovy metody (viz. 3.3.5) pro víceokružný okružní dopravní problém a Christofodovy metody pro ODP. Využívá toho, že při vytváření skupin míst pro jednotlivé trasy Mayerova metoda zároveň sestrojí pro každou z těchto skupin minimální kostru grafu určeného těmito místy. (Kučera, 2009)

**Metoda výhodnostních čísel** je jedna z nejstarších, ale přitom často používaná metoda pro okružní úlohy. Nejprve se vybere (libovolně) jeden z uzlů, dále bude značen indexem 0. Pro každou dvojici ostatních uzlů  $i, j$  se spočte pro přímou trasu mezi nimi (se sazbou  $c_{ij}$ ) výhodnostní číslo  $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ . Trasy se seřadí podle výhodnostních čísel od

největšího po nejmenší. Postupně se v tomto pořadí zpracovávají a přidávají do řešení, pokud mohou s dosud zařazenými tvořit okruh. Takto nakonec vznikne cesta procházející všemi uzly kromě uzlu 0, který již jen zbývá k řešení připojit. (Kučera, 2009)

Nevýhodou výhodnostních čísel je, že porovnávají danou hranu pouze s jednou trasou přes jedno místo zvolené pro celý výpočet. *Habr* zavedl tzv. *frekvence*, které porovnávají hranu (přímou trasu) mezi dvěma uzly se všemi ostatními hranami, dokonce i s těmi, které s ní přímo nesousedí. Aplikoval je v aproximačních metodách pro různé distribuční problémy. (Kučera, 2009)

### 3.4 Software pro dopravní plánování

Metody síťové analýzy jsou založeny na teorii grafů – samostatné matematické disciplíně. Síťové modely používané v operačním výzkumu vycházejí z grafů, které se vyznačují speciální strukturou, a nazývají se sítě. Modely mají široké uplatnění ve spojení s časovým plánováním, se skladováním a distribucí výrobků a zboží, s fungováním systémů hromadné obsluhy a dalším. Využití znalostí základů metod síťové analýzy pro řešení rozsáhlejších projektů je bez odpovídajícího softwarového vybavení nemožné. (Sixta, 2009)

Společnost SOLVERTECH například nabízí několik typů software (Tasha, Kira), které využívají pokročilou matematiku pro plánování a optimalizaci tras a dopravní analýzy. (SOLVERTECH, 2022)

Software Road Control bere v potaz vlastnosti vozidel a poskytuje plánování a optimalizaci tras pro celý vozový park. (Road Control, 2020)

Dalším chytrým algoritmem pro plánování a optimalizaci tras je PLANTOUR, který operuje na českém i evropském trhu. (PLANTOUR, 2020)

#### 3.4.1 TSPKOSA

Program TSPKOSA byl vytvořen autory Ing. Igorem Krejčím, RNDr. Petrem Kučerou Ph.D. a Ing. Hanou Vydrovą, členy katedry systémového inženýrství a katedry statistiky České zemědělské univerzity v Praze, v roce 2010. Program usnadňuje řešení ODP a VODP pomocí Vogelovy aproximační metody pro ODP, metody nejbližšího souseda (sekvenční), metody výhodnostních čísel (paralelní) a metody větví a mezí. Program pojme až 250 uzlů.



### 3.5 Přehled souvisejících prací

Z hlediska povahy silniční dopravy, přesněji kamionové a nákladní, jsou výhody jasné, a proto existuje velice mnoho případových studií zaměřujících se na problematiku optimalizace dopravních tras v přepravních společnostech. Na trhu je vícero možností optimalizace pomocí softwaru, který nabízejí komerční společnosti, ovšem platba za tyto služby není nákladově výhodná, pokud bychom se bavili právě o minimalizaci nákladů na dopravu.

Proto například Hraničková (2015) ve své bakalářské práci řeší případovou studii pro společnost Brentag ČR s. r. o. Hlavním účelem je optimalizace dopravních tras vedoucí ke snížení nákladů spojených na dopravu. Společnost je velice známým přepravcem chemikálií nejen v České republice a dopravní problém je řešen pro jednu z poboček nacházející se v Praze.

Autorka nejdříve tvoří nové okruhy pomocí Mayerovy metody, jelikož je na trase příliš uzlů, aby řidiči zvládli nasytit všechny uzly v rámci jednoho okruhu. Dále optimalizuje jednotlivé okruhy pomocí programu TSPKOSA za pomocí metody větví a mezí. Výsledkem byla vzdálenostní optimalizace pro všech 9 okruhů, a s tím spojená nákladová minimalizace.

Adamcová (2020) ve své práci optimalizuje pomocí metody nejbližšího souseda a Vogelovy aproximační metody trasu rozvozu pečiva pro společnost Pékárna Beruška s. r. o. Výsledek řešení tohoto jednookruhového okružního dopravního problému byla trasa vybraná metodou nejbližšího souseda, která společnosti ušetří ročně zhruba 19 tisíc korun.

## 4 Vlastní práce

### 4.1 COSTE czech a.s.

Obrázek 2: Logo



Zdroj: <http://coste.cz/>

#### 4.1.1 Historie a současná struktura

COSTE czech a.s. je česká akciová společnost se sídlem v Chomutově. Dle výpisu z obchodního rejstříku, oddílu B 1998 vedeného u Krajského soudu v Ústí nad Labem, je předmětem podnikání výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona. Zápis společnosti do obchodního rejstříku proběhl 25. srpna 2008. Společnost je zastoupena třemi členy představenstva, jehož předsedou je Milan Rohla, a jednou členkou dozorčí rady. Ačkoliv byla společnost oficiálně založena v roce 2008, tak představitelé společnosti disponují zkušenostmi na trhu od roku 1996.

#### 4.1.2 Hlavní činnosti společnosti

Společnost se specializuje na provoz a pronájem nápojových a prodejních automatů. Na českém trhu je předním zastupitelem automatů značky Azkoyen, jež patří mezi největší výrobce prodejních a nápojových automatů na světě. Společnost nabízí široký sortiment výrobků, které jsou v automatech vydávány. Hlavními nabízenými produkty v nápojových automatech jsou instantní, mleté, zrnkové kávy a čaj. V prodejních automatech jsou nabízeny různé druhy balených trvanlivých potravin, nápojů a pochutin, které jsou vhodné pro stravování ve vícesměnných provozech, na sportovištích a ve vzdělávacích institucích.

COSTE czech a.s. dále nabízí i doplňkové služby, jako například pronájem a provoz automatů na vodu a sodobarů. Všechny automaty disponují různými platebními

systemy. Výhodou je tak možnost platby mincemi, bankovkami, platební kartou nebo elektronickou kartou, ze které je zákazníkovi po uskutečnění nákupu snižován kredit. Všechny bezhotovostní platební technologie jsou zajištěny firmou COGES.

COSTE czech a.s. poskytuje fullservis pro všechny své automaty. Součástí servisu je tak pravidelné doplňování surovin a servis všech technologií. Z tohoto důvodu společnost provozuje vlastní vozový park a má vytvořenou rozsáhlou logistickou síť, která dle smluvních podmínek pokrývá všechny zákazníky.

## **4.2 Vstupní analýza**

### **4.2.1 Dopravní prostředky**

Společnost disponuje několika druhy dopravních prostředků s různým vybavením. Do vozového parku patří například i jízdní kolo, osobní auta a skútr. Vozidla jsou využitelná pro různé potřeby a společnost tak může snížit náklady spojené s provozem větších nákladních aut.

Přehled dopravních prostředků ve vlastnictví COSTE czech a.s. a jejich výbavy:

#### **Volvo XC60 D4 (9U8 9939) - nafta**

**Objem:** 1999 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 7 litrů/100 km

**R. výroby:** 2019

**Výkon:** 140 kW

#### **Renault Megane (9U9 3141) - benzin**

**Objem:** 1332 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 6,5 litrů/100 km

**R. výroby:** 2019

**Výkon:** 85 kW

#### **Renault Kangoo (8U6 5817) - nafta**

**Objem:** 1461 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 6 litrů/100 km

**R. výroby:** 2016

**Výkon:** 81 kW

**Renault Kangoo (6U1 7036) - nafta**

**Objem:** 1461 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 6 litrů/100 km

**R. výroby:** 2011

**Výkon:** 81 kW

**Renault Master (8U1 0157) – nafta, náhradní vůz, L1H1**

**Objem:** 2299 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 10 litrů/100 km

**R. výroby:** 2015

**Výkon:** 81 kW

**Pozn.:** Využívám jako náhradní vůz při poruchách, třímístný

**Renault Master (8U1 5819) – nafta, L2H2**

**Objem:** 2299 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 10 litrů/100 km

**R. výroby:** 2016

**Výkon:** 81 kW

**Citroen Jumper (9U3 8062) – nafta, L2H2**

**Objem:** 1997 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 9 litrů/100 km

**R. výroby:** 2017

**Výkon:** 120 kW

**Pozn.:** Využíván především při nákupu zboží a následné dopravě do centrálního skladu

**Citroen Jumper (9U3 8127) – nafta, L2H2**

**Objem:** 1997 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 9 litrů/100 km

**R. výroby:** 2017

**Výkon:** 120 kW

**Pozn.:** S vestavěným chlazením pro převoz čerstvých potravin (0 – 8°C), p. c. 164 359 Kč bez DPH

**Citroen Jumper (9U8 2513) – nafta, L3H3**

**Objem:** 1997 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 9 litrů/100 km

**R. výroby:** 2018

**Výkon:** 120 kW

**Pozn.:** S vestavěným chlazením pro převoz čerstvých potravin (0 – 8°C), p. c. 216 000 Kč bez DPH

**Citroen Jumper (1UC 2179) – nafta, L3H2**

**Objem:** 1997 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 9 litrů/100 km

**R. výroby:** 2019

**Výkon:** 120 kW

**Peugeot django (7U6 797) – benzin (skútr)**

**Objem:** 125 cm<sup>3</sup>

**Prům. spotřeba:** 3 litrů/100 km

**R. výroby:** 2017

**Výkon:** 7,5 kW

#### **4.2.2 Situace a analýza současných tras**

Současně používané logistické trasy společnosti byli vytvořeny v roce 2019. Při sestavování nebyly použity žádné metodologické postupy, které by zaručily efektivní způsob pro nalezení nejoptimálnějších dopravních tras, které by minimalizovaly vstupní náklady na dopravu a zásobování. Zároveň došlo vlivem celosvětové pandemie covid-19 ke strukturální změně zákazníků, kteří přestali využívat služby společnosti a přibyli i zákazníci noví.

Z toho vyplývá, že je potřeba optimalizace dopravní sítě a aktualizace struktury zákazníků podle seznamu platného pro sezónu 2021/2022. Na jeden dopravní prostředek připadají týdně dva okruhy, které se pravidelně opakují. Pro těchto osm pravidelných tras

jsou využívány čtyři dopravní prostředky. Trasy musí zohlednit počet automatů na jednotlivých zastávkách, jelikož obsluha jednoho automatu může trvat i v řádu několika desítek minut.

Každé auto jezdí pravidelně 2 okruhy, které se opakují. Tvoří tak pravidelný cyklus s intervalem 2 týdnů. Tímto je zajištěno rovnoměrné rozdělení časových kapacit společnosti mezi všechny zákazníky a docíleno maximální vytíženosti všech řidičů.

#### 4.2.3 Současná situace logistických tras společnosti COSTE czech a.s.

Tabulka 1: 1. okruh pro vozidlo spz - 9U38127 (PO, ST, PÁ)

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		3,5	6
Parker Chomutov	6	54,9	54
Autokabel, Krupka	8	51,6	50
Gymnázium Chomutov	2	6,5	9
KUKA Chomutov	5	6,2	9
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>21</b>	<b>122,7</b>	<b>128</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 2: 2. okruh pro vozidlo spz - 9U38127 (ÚT, ČT)

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		3,5	6
Parker Chomutov	6	34,4	24
ZŠ Louny	1	8,6	9
Pl.bazén Postoloprty	1	14,3	15
ZŠ P. Bezruče, Žatec	1	8,3	11
Věznice, Nové Sedlo	2	19,9	20
ZŠ R. Koblice, Kadaň	1	1,4	3
Gymnázium Kadaň	1	6,4	8
ČEZ, Pruněrov	2	13,5	14
Magistrát, Chomutov	2	1	2
STK Chomutov	1	1,4	2
Stardance, Chomutov	1	3,3	6
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>19</b>	<b>116</b>	<b>120</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 3: 1. okruh pro vozidlo spz - 9U82513 (PO, ST, PÁ)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		19,6	22
Toyoda Klášterec	16	2	4
Benteler Klášterec	4	1	4
S.N.O.P, Klášterec	2	18,5	23
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>22</b>	<b>41,1</b>	<b>53</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 4: 2. okruh pro vozidlo spz - 9U82513 (ÚT, ČT)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		20,3	24
Donaldson Kadaň	3	0,5	1
Zanini Kadaň	2	1	2
Arla plast	2	4,1	7
Donaldson Klášterec	2	0,5	1
STK Klášterec zrno	1	1	2
Toyoda	10	2	4
Benteler	4	18,1	21
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>24</b>	<b>47,5</b>	<b>62</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 5: 1. okruh pro vozidlo spz - 8U15819 (PO, ST, ČT)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		85,8	71
ZŠ Nebušice, Praha	1	12	20
ZŠ Mezi Školami, Praha	1	3,1	7
ZŠ Bronzová, Praha	1	21,2	29
ZŠ Campanus, Praha	1	4,5	8
ZŠ Květnov.Vítězství, Praha	1	3,7	8
ZŠ Pošepného, Praha	1	7,4	12
Gymnázium Altis, Praha	1	3,2	7
ZŠ Křimická, Praha	1	129,9	101
Zimní stadion Chomutov	6	0,3	1
Aquasvět Chomutov	2	1	2
Sportovní hala Chomutov	2	1,2	2
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>18</b>	<b>273,3</b>	<b>268</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 6: 2. okruh pro vozidlo spz - 8U15819 (ÚT, ČT)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		51,5	52
Autokabel Krupka	8	29,6	35
SŠ Zdr. Děčín	2	2,2	5
Sportovní hala Děčín	2	27,4	34
SPŠ Ústí nad Labem	1	16,7	20
SOŠ Teplice	2	23,2	30
ZŠ Litvínov	1	1,9	4
Humanitas Litvínov	1	20,8	22
ENCZ Jirkov	2	5,8	8
Zimní stadion Chomutov	6	0,3	1
Aquasvět Chomutov	2	1	2
Sportovní hala Chomutov	2	1,2	2
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>29</b>	<b>181,6</b>	<b>215</b>

Zdroj: vlastní zpracování



**Tabulka 7: 1. okruh pro vozidlo spz - 1UC2179 (PO, ST, PÁ)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		106,9	83
ZŠ Burešova, Praha	2	3,1	6
Gymnázium Českolipská, Praha 9	2	15,7	19
Ministerstvo životního prostředí ČR	2	3,5	7
ZŠ Mendíků, Praha 4	2	4,1	9
ZŠ Jiřího z Poděbrad, Praha	1	1,4	4
Arcibiskupské gymnázium, Praha	1	1,7	5
SPŠE Ječná, Praha	1	2	5
SPŠ Smíchovská, Praha	1	5,6	8
Koleje Bubeneč, Praha	1	1,3	3
Masarykova kolej, Praha	2	79,5	62
Hi-lex (PZ Havraň)	2	22,1	18
Lesopark	2	0,3	1
Kamencové jezero chomutov	2	1,6	4
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>21</b>	<b>248,8</b>	<b>234</b>

Zdroj: vlastní zpracování

**Tabulka 8: 2. okruh pro vozidlo spz - 1UC2179 (ÚT, ČT)**

Lokalita	počet automatů	Počet kilometrů	Doba cesty (min)
Sklad, Chomutov		94,1	77
Koleje Strahov, Praha	4	5,7	12
VOŠ dopravní, Praha	1	3,6	9
Metro Václavské náměstí	1	2,3	8
Hlávkova kolej, Praha	1	4,6	9
ZŠ Sdružení, Praha 4	1	17,3	21
Teologická fakulta UK	3	13,6	19
Koleje Podolí, Praha	1	5,7	9
Zimní stadion Kobra Praha	3	105,4	82
Sklad, Chomutov			
<b>Celkem</b>	<b>15</b>	<b>252,3</b>	<b>246</b>

Zdroj: vlastní zpracování

### 4.3 Definice nových dopravních tras

Nové dopravní trasy byly vytvořeny za účelem optimalizace a zařazení nových lokalit do jednotlivých okruhů. Pro rozřídění všech lokalit do dílčích okruhů, které obstarávají jednotlivá nákladní auta, byla použita Mayerova metoda. Optimalizace každého okruhu bylo docíleno pomocí metody „Branch and bound“ neboli metoda Větví a mezí. Použit byl doplněk Excelu „TSPKOSA“, která tímto algoritmem disponuje. Některé okruhy obsahují komplikovanější data, která počítač není schopen zpracovat pomocí metody Větví a mezí, a tak zde byla použita Vogelova aproximační metoda.

Kapacitní podmínkou je osmihodinová pracovní doba. Ta je vyplněna jednak cestou a také časem potřebným k obsluze a doplnění jednotlivých automatů. Tento čas se vždy liší dle situace. Průměrná doba potřebná k obsluze jednoho automatu byla stanovena dle dlouhodobých údajů na 15 minut. Časové kapacitní podmínky byly naplněny dle výsledků sestavených tras na portálu Mapy.cz a připočten byl čas obsluhy dle počtu automatů nacházejících se na trase.

Časový faktor ovšem není jediným aspektem, který může ovlivnit finální trasy. Je nutno počítat s aktuální dopravní situací na jednotlivých trasách, a proto byla vždy ponechána určitá časová rezerva u tras, které obsahují vzdálenější místa. Tato skutečnost platí především pro pražské uzly, kde je téměř pokaždé potřeba očekávat komplikace týkající se dopravní situace.

Trasy nejsou vázány na konkrétní nákladní vozy, proto jsou prostředky i řidiči u jednotlivých tras nahraditelní.

#### 4.3.1 Rozdělení na jednotlivé okruhy

Obrázek 3: 1. okruh pro vozidlo SPZ 1UC2179 (PO, ST, PÁ)

	Sklad	ZŠ Lup.	ZŠ J. z P.	Arc. Gym	SPŠE Ječ.	Hlíávkova k.	SPŠ Smích.	VOŠ dop.	K. Bubeneč	Masarykova k.	K. Strahov	ZŠ M. škol.	ZŠ Bronz.
Sklad	0	118,4	96,6	97,6	96,2	106,4	93,9	94,8	92,5	90	93,2	94,2	95
ZŠ Lupáčova	118,4	0	0,9	1,9	3,2	4,1	4,9	3,5	4,6	8,4	8,5	11,6	12,5
ZŠ Jiř. Z Poděbrad	96,6	0,9	0	1,4	2,5	3,3	3,8	3,9	5,1	7,5	7	11,2	12,5
Arcibiskupské gym. Praha	97,6	1,9	1,4	0	1,8	2,6	3	4,4	5,7	8	6,3	9,5	11,1
SPŠE Ječná	96,2	3,2	2,5	1,8	0	1,4	2	4,2	6,4	7,4	6,9	8,4	10
Hlíávkova kolej	106,4	4,1	3,3	2,6	1,4	0	1,4	4,6	5,7	5,8	4,9	8,1	9,5
SPŠ Smíchovská	93,9	4,9	3,8	3	2	1,4	0	3,2	4,6	5,8	3,3	7,5	9
VOŠ Dopravní	94,8	3,5	3,9	4,4	4,2	4,6	3,2	0	2,4	4,9	6,3	10,5	11,7
Kolej Bubeneč	92,5	4,6	5,1	5,7	6,4	5,7	4,6	2,4	0	2,9	5,9	10,9	13
Masarykova kolej	90	8,4	7,5	8	7,4	5,8	5,8	4,9	2,9	0	3,1	9,3	11,7
Kolej Strahov	93,2	8,5	7	6,3	6,9	4,9	3,3	6,3	5,9	3,1	0	7,4	9,9
ZŠ Mezi školami	94,2	11,6	11,2	9,5	8,4	8,1	7,5	10,5	10,9	9,3	7,4	0	3,1
ZŠ Bronzová	95	12,5	12,5	11,1	10	9,5	9	11,7	13	11,7	9,9	3,1	0

Zdroj: vlastní zpracování

(1.trasa) Sklad → ZŠ Lupáčova → ZŠ Jiřího z Poděbrad → Arcibiskupské gymnázium → SPŠE Ječná → Hlávková kolej → SPŠ Smíchovská → VOŠ dopravní → Koleje Bubeneč → Masarykova kolej → Koleje Strahov → ZŠ Mezi školami → ZŠ Bronzová → Sklad

Mayerovou metodou byl vybrán tento okruh, který byl následně metodou Branch and bound optimalizován a výslednou trasou je okruh o délce 214,5 km. Při optimálním provozu je čistá doba jízdy 3 hodiny a 10 minut. Řidič musí na trase zkontrolovat a obsloužit 16 automatů a sodobarů, což odpovídá zhruba 4 hodinám práce. Celkový čas práce je 7 hodin a 10 minut, přičemž bylo počítáno i s určitou časovou rezervou, a tak je kapacitní podmínka vyčerpána.

Obrázek 4: 2. okruh pro vozidlo SPZ IUC2179 (ÚT, ČT)

	Sklad	ZŠ Pražáčka	MŽPČR	ZŠ Men.	ZŠ Sdr.	Tf UK	K. Podolí	ZS Kobra	ZŠ Poš.	ZŠ Cam.	ZŠ K. vítězství
Sklad	0	117,5	111,4	109,7	107,2	106,4	106,3	104,8	109,3	115,2	112,2
ZŠ Pražáčka	117,5	0	5,3	6,3	6,7	9,7	8	13,6	10,8	10,2	12
MŽPČR	111,4	5,3	0	2,6	3,4	4,9	4,2	8,6	5,9	6,9	7,2
ZŠ Mendíků	109,7	6,3	2,6	0	1,2	2,7	2,7	7,1	6,6	8,3	8,3
ZŠ Sdružení	107,2	6,7	3,4	1,2	0	1,6	1,8	5	6,4	8,1	8
Teologická fakulta UK	106,4	9,7	4,9	2,7	1,6	0	2	4,5	5,3	7	7
Koleje Podolí	106,3	8	4,2	2,7	1,8	2	0	5,3	7,5	9,2	9,1
Zimní stadion Kobra	104,8	13,6	8,6	7,1	5	4,5	5,3	0	8,5	10,2	10,2
ZŠ Pošepného	109,3	10,8	5,9	6,6	6,4	5,3	7,5	8,5	0	2,5	3,9
ZŠ Campanus	115,2	10,2	6,9	8,3	8,1	7	9,2	10,2	2,5	0	4,6
ZŠ Květnového vítězství	112,2	12	7,2	8,3	8	7	9,1	10,2	3,9	4,6	0

Zdroj: vlastní zpracování

(2.trasa) Sklad → ZŠ Pošepného → ZŠ Campanus → ZŠ Květnového vítězství → MŽPČR → ZŠ Pražáčka → ZŠ Mendíků → ZŠ Sdružení → Koleje Podolí → Teologická fakulta UK → Zimní stadion Kobra → Sklad

Druhý okruh byl taktéž optimalizován metodou Branch and bound, kde výsledná trasa byla jednoznačná. Nejkratší vzdálenost je 249,5 km a doba jízdy jsou 3 hodiny a 33 minut. Na trase je opět 16 provozovaných zařízení, a tak doba potřebná k doplnění a kontrole je 4 hodiny. Trasa zabere celkově 7 hodin a 33 minut.

Obrázek 5: 1. okruh pro vozidlo SPZ 9U38127 (PO, ST, PÁ)

	Sklad	ZŠ Křim.	Gym. Altis	Gym. Čes	ZŠ Bur.	ZŠ Neb.	ZŠ Pře.	Gym. Louny	Patok L.	P.a. Postoloprty	ZŠ P.B.	věžnice N. Sedlo
Sklad	0	116	115,4	111,4	111,1	85,3	36,9	35	33,1	26,6	23	22,1
ZŠ Křimická	116	0	3,2	12,8	16,6	27,2	82,3	83,1	84,4	90,6	102,4	123,8
Gymnázium Altis	115,4	3,2	0	14,9	18,6	27,4	81	82,2	83,5	89,4	101,1	112,8
Gymnázium Českolipská	111,4	12,8	14,9	0	3,1	16,5	72,5	73	74,4	80,9	93,6	101,5
ZŠ Burešova	111,1	16,6	18,6	3,1	0	15,2	72,2	73,4	67,4	80,6	93,3	101,2
ZŠ Nebušice	85,3	27,2	27,4	16,5	15,2	0	51,6	52,4	53,7	60	78,4	80,5
ZŠ Louny Přemyslovců	36,9	82,3	81	72,5	72,2	51,6	0	1,5	3,6	10,5	23,8	30,6
Gymnázium Louny	35	83,1	82,2	73	73,4	52,4	1,5	0	2	9,6	22,3	29,3
Patok Louny	33,1	84,4	83,5	74,4	67,4	53,7	3,6	2	0	7,7	20,4	28,3
Plavecký areál Postoloprty	26,6	90,6	89,4	80,9	80,6	60	10,5	9,6	7,7	0	14,3	22,1
ZŠ Petra Bezruče	23	102,4	101,1	93,6	93,3	78,4	23,8	22,3	20,4	14,3	0	8,9
věžnice Nové Sedlo	22,1	123,8	112,8	101,5	101,2	80,5	30,6	29,3	28,3	22,1	8,9	0

Zdroj: vlastní zpracování

(3.trasa) Sklad → Věžnice Nové Sedlo → ZŠ Petra Bezruče → Plavecký areál Postoloprty → ZŠ Louny → Gymnázium Louny → ZŠ Nebušice → ZŠ Křimická → Gymnázium Altis → Gymnázium Českolipská → ZŠ Burešova → Patok Louny → Sklad

Třetí okruh byl optimalizován Voglovou aproximační metodou z důvodu složitosti dat matice sazeb. Doplněkem TSPKOSA nebylo možno zpracovat okruh pomocí metody Větví a mezí. Celková doba jízdy je 3 hodiny a 56 minut a délka trasy je 258,6 km. Počet automatů je 16, a tak je doba na obsluhu zařízení stanovena na 4 hodiny.

Obrázek 6: 2. okruh pro vozidlo SPZ 9U38127 (ÚT, ČT)

	Sklad	Armex sport.	ZOO Děčín	SŠ zdrav. D.	SPŠ Ú.n.L	Sluneta sport.	Autokabel K.	CzechPak K.	SOŠ T.
Sklad	0	88,8	88,1	86,9	64,1	62,7	52,2	52	45,8
Armex sportcentrum	88,8	0	2,5	3,2	27,2	27,7	30,9	33,8	46,5
ZOO Děčín	88,1	2,5	0	1,2	26,6	27,4	21,5	30,1	33
SŠ zdravotní Děčín	86,9	3,2	1,2	0	25,9	26,3	29,6	30,1	47,2
SPŠ Ú.n.L	64,1	27,2	26,6	25,9	0	1,3	12,7	14	21,8
Sluneta sportcentrum	62,7	27,7	27,4	26,3	1,3	0	11,9	12,7	15,6
Autokabel Krupka	52,2	30,9	21,5	29,6	12,7	11,9	0	1,5	5,7
CzechPak Krupka	52	33,8	30,1	30,1	14	12,7	1,5	0	4,3
SOŠ Teplice	45,8	46,5	33	47,2	21,8	15,6	5,7	4,3	0

Zdroj: vlastní zpracování

(4.trasa) Sklad → Sluneta sportcentrum → SPŠ Ústí nad Labem → SŠ zdravotní Děčín → Armex sportcentrum → ZOO Děčín → Autokabel Krupka → CzechPak Krupka → SOŠ Teplice → Sklad

Další okruh byl optimalizován metodou Větví a mezí. Minimální délka trasy je 168,7 km a doba jízdy 2 hodiny a 40 minut. Na trase je 21 přístrojů a vyčleněná doba na doplňování je 5 hodin a 15 minut. Uzel „Autokabel Krupka“ je jedním z míst, kde je smluvně domluven fullservis na každý den v týdnu. Reálně se tak doplňuje zhruba 40 % ze všech zařízení, ovšem při tvorbě okruhu bylo počítáno s časovou rezervou pro všechna zařízení (8 ks), která se na místě nachází. Celkový čas trasy je 7 hodin a 55 minut.

**Obrázek 7: 1. okruh pro vozidlo SPZ 9U82513 (PO, ST, PÁ)**

	Sklad	Autokabel K.	ZŠ a MŠ Lit.	HUMANITAS	United E.	SOŠ M.	Hi-Lex H.	ZS. CV	Aqua. CV
Sklad	0	52,2	25,3	24,6	15,9	23,7	21,2	0,9	0,9
Autokabel Krupka	52,2	0	23,2	27,2	38,3	34,4	42,2	51,1	51
ZŠ a MŠ Litvínov	25,3	23,2	0	3,1	13,2	16,4	24,9	26,2	25
HUMANITAS	24,6	27,2	3,1	0	11,1	14,5	22,7	24	24,1
United Energy	15,9	38,3	13,2	11,1	0	10,4	19,3	15,3	15,3
SOŠ Most	23,7	34,4	16,4	14,5	10,4	0	9,4	23,3	23,3
Hi-Lex Havraň	21,2	42,2	24,9	22,7	19,3	9,4	0	17,2	17,3
Zimní stadion Chomutov	0,9	51,1	26,2	24	15,3	23,3	17,2	0	0,3
Aquasvět Chomutov	0,9	51	25	24,1	15,3	23,3	17,3	0,3	0

Zdroj: vlastní zpracování

(5.trasa) Sklad → Aquasvět Chomutov → Zimní stadion Chomutov → Hi-Lex Havraň → SOŠ Most → Autokabel Krupka → ZŠ a MŠ Litvínov → HUMANITAS → United Energy → Sklad

Další okruh byl celkem jednoznačně programem optimalizován pomocí metody Větví a mezí bez jiných alternativ. Celková délka trasy je 115,5 km a doba jízdy 1 hodina a 57 minut. Na trase se nachází 23 zařízení, na která je časová dotace 5 hodin a 45 minut. Celková doba trasy je 7 hodin a 42 minut. Časová rezerva může opět vzniknout v uzlu „Autokabel Krupka“. To samé platí i o uzlu „Zimní stadion Chomutov“, kde jsou automaty doplňovány podle aktuálního stavu, který nemusí být 100 %, a tak vzniká prostor pro časovou rezervu.

Obrázek 8: 2. okruh pro vozidlo SPZ 9U82513 (ÚT, ČT)

	Sklad	SPŠ K.	Gym K.	ZŠ R.K.	Donaldson K.	Arla p.	Zanini K.	Benteler K.n.O.	S.N.O.P. K.n.O.	STK K.n.O.	Donaldson K.n.O.	Toyoda K.n.O.
Sklad	0	23,9	22	21,4	20,3	20,6	20,4	18,5	19	18,8	19,3	19,6
SPŠ Kadaň	23,9	0	0,3	1,2	2,7	2,9	2,8	4,6	5,1	4,9	5,4	5,7
Gymnázium Kadaň	22	0,3	0	1,4	2,8	3,1	2,9	4,8	5,2	5	5,5	5,8
ZŠ Rudolfa Koblíce	21,4	1,2	1,4	0	2,2	2,5	2,3	4,2	4,7	4,4	5	5,2
Donaldson Kadaň	20,3	2,7	2,8	2,2	0	0,3	0,4	3,1	3,6	3,4	3,9	4,1
Arla plast	20,6	2,9	3,1	2,5	0,3	0	0,6	3,4	3,8	3,6	4,1	4,4
Zanini Kadaň	20,4	2,8	2,9	2,3	0,4	0,6	0	3,2	3,6	3,4	4	4,2
Benteler Klášterec n.O.	18,5	4,6	4,8	4,2	3,1	3,4	3,2	0	0,9	1,2	1,7	2
S.N.O.P. Klášterec n.O.	19	5,1	5,2	4,7	3,6	3,8	3,6	0,9	0	1,6	2,2	2,5
STK Klášterec n.O.	18,8	4,9	5	4,4	3,4	3,6	3,4	1,2	1,6	0	0,5	0,8
Donaldson Klášterec n.O.	19,3	5,4	5,5	5	3,9	4,1	4	1,7	2,2	0,5	0	0,5
Toyoda Klášterec n.O.	19,6	5,7	5,8	5,2	4,1	4,4	4,2	2	2,5	0,8	0,5	0

Zdroj: vlastní zpracování

(6.trasa) Sklad → Benteler Klášterec nad Ohří → S.N.O.P. Klášterec nad Ohří → STK Klášterec nad Ohří → Toyoda Klášterec nad Ohří → Donaldson Klášterec nad Ohří → Gymnázium Kadaň → Střední průmyslová škola Kadaň → ZŠ Rudolfa Koblíce Kadaň → Donaldson Kadaň → Arla plast → Zanini Kadaň → Sklad

Výše uvedený okruh byl taktéž z důvodu složitosti dat optimalizován Vogelovou aproximační metodou. Délka trasy je 52,8 km a čistá doba jízdy je 1 hodina a 2 minuty. V uzlu „Toyoda Klášterec nad Ohří“ se nachází 16 provozovaných zařízení, přičemž se opět doplňují každý den, a tak je třeba v úterý a čtvrtek doplnit zhruba 40 % všech zařízení. Proto tedy bylo počítáno tedy celkově s 27 zařízeními, kde časová dotace na obsluhu činí 6 hodin a 45 minut. Celkový čas pro tento okruh je 7 hodin a 47 minut.

Obrázek 9: 1. okruh pro vozidlo SPZ 8U15819 (PO, ST, PÁ)

	Sklad	Toyoda K.n.O.	Benteler K.n.O.	ČEZ P.	KUKA CV	MSH Chomutov
Sklad	0	19,6	18,5	15,8	6,6	1,3
Toyoda Klášterec n.O.	19,6	0	2	3,9	13,1	17,9
Benteler Klášterec n.O.	18,5	2	0	2,9	12,1	16,9
ČEZ Prunéřov	15,8	3,9	2,9	0	9,4	14,2
KUKA Černovice	6,6	13,1	12,1	9,4	0	5
MSH Chomutov	1,3	17,9	16,9	14,2	5	0

Zdroj: vlastní zpracování

(7.trasa) Sklad → Městská sportovní hala Chomutov → KUKA Černovice → ČEZ Prunéřov → Toyoda Klášterec nad Ohří → Benteler Klášterec nad Ohří → Sklad

Při aplikaci Mayerovy metody byl vyměněn uzel „Magistrát Chomutov“ za „Městská sportovní hala Chomutov“, a to z logických důvodů. Vzdálenost uzlu je o 100 metrů delší, což porušuje pravidlo Mayerovy metody, ovšem kvůli kapacitní podmínce a návaznosti na poslední okruh tato výměna dává smysl. Trasa byla optimalizována dle metody Větví a mezí. V tomto případě existuje 7 variant, které se liší pouze pořadím jednotlivých zastávek na trase. Celková doba jízdy je 44 minut a vzdálenost činí 40,1 km. Na trase je 29 automatů, přičemž bylo počítáno se všemi 16 zařízeními v uzlu „Toyota Klášterec nad Ohří“. Opět je zde ale místo pro vytvoření časové rezervy. Časová rezerva pro doplnění zařízení je 7 hodin a 15 a celková doba trasy je tak 7 hodin a 59 minut.

**Obrázek 10: 2. okruh pro vozidlo SPZ 8U15819 (ÚT, ČT)**

	Sklad	ENCZ J.	STK CV	Zoopark CV	Kamencové j.	Gym CV	ZS. CV	Aquasvět CV	MSH Cho.	MMCH	Stardance CV
Sklad	0	6,3	4,5	2,8	1,4	1,1	0,9	0,9	1,3	2,2	3,2
ENCZ Jirkov	6,3	0	3,2	6,2	6,9	6,3	6,1	6,1	6,7	7,1	8,9
STK Chomutov	4,5	3,2	0	3,4	4,1	3,9	4,9	4,8	3,8	4,1	3,7
Zoopark Chomutov	2,8	6,2	3,4	0	0,2	2,1	2,9	2,4	2	2,4	4,2
Kamencové jezero	1,4	6,9	4,1	0,2	0	0,7	1,1	1,1	1,5	1,6	3
Gymnázium Chomutov	1,1	6,3	3,9	2,1	0,7	0	0,8	0,9	0,9	1,4	2,1
Zimní stadion Chomutov	0,9	6,1	4,9	2,9	1,1	0,8	0	0,3	1	1,9	3,2
Aquasvět Chomutov	0,9	6,1	4,8	2,4	1,1	0,9	0,3	0	1	1,9	3,3
MSH Chomutov	1,3	6,7	3,8	2	1,5	0,9	1	1	0	1,1	2,6
MMCH	2,2	7,1	4,1	2,4	1,6	1,4	1,9	1,9	1,1	0	1,7
Stardance Chomutov	3,2	8,9	3,7	4,2	3	2,1	3,2	3,3	2,6	1,7	0

Zdroj: vlastní zpracování

*(8.trasa) Sklad → Zimní stadion Chomutov → Aquasvět Chomutov → Městská sportovní hala Chomutov → Magistrát města Chomutov → Stardance Chomutov → STK Chomutov → ENCZ Jirkov → Zoopark Chomutov → Kamencové jezero Chomutov → Gymnázium Chomutov → Sklad*

Poslední okruh byl opět optimalizován pomocí metody Branch and bound. Na trase jsou 3 uzly, ve kterých se zařízení doplňují každý den a je zde možnost vzniku časových rezerv, pokud nebude potřeba doplnit 100 % ze všech zařízení. Doba jízdy je 37 minut a vzdálenost 20,1 km. Na trase je 22 zařízení a časová dotace pro řidiče je 5 hodin a 30 minut na kontrolu všech přístrojů. Celková doba trasy je 6 hodin a 7 minut.

Obrázek 11: Víkendový okruh

	Sklad	Aqua CV	ZS CV	SHM CV	Benteler K.n.O	Toyoda K.n.O	Autokabel K.
Sklad, Chomutov	0	0,9	0,9	1,3	18,5	19,6	52,2
Aquasvět Chomutov	0,9	0	0,3	1	22,4	18,9	51
Zimní stadion Chomutov	0,9	0,3	0	1	17,8	18,8	51,1
Sportovní hala Chomutov	1,3	1	1	0	16,9	17,9	52
Benteler Klášterec	18,5	22,4	17,8	16,9	0	2	68,3
Toyoda Klášterec	19,6	18,9	18,8	17,9	2	0	69,2
Autokabel Krupka	52,2	51	51,1	52	68,3	69,2	0

Zdroj: vlastní zpracování

*(Víkend) Sklad → Sportovní hala Chomutov → Benteler Klášterec nad Ohří → Toyoda Klášterec nad Ohří → Autokabel Krupka → Aquasvět Chomutov → Zimní stadion Chomutov → Sklad*

Víkendová trasa je specifická v tom, že jsou vždy vynechány místa, kde není potřeba doplňovat přístroje. Pokud by tato potřeba byla na všech uzlech, které jsou smluvně se společností domluveny na víkendovém doplňování, byla by neoptimálnější trasa právě tato výše uvedená. Optimalizována byla pomocí metody Větví a mezí a celková délka trasy je 141,6 km.

#### 4.4 Vyhodnocení nově vytvořených okruhů

Do kompletního seznamu uzlů byly přidány nové lokality. Zároveň byly odebrány lokality subjektů, s nimiž byla ukončena spolupráce. Dále byly upraveny počty provozovaných zařízení, kde časová náročnost jejich obsluhy tvoří kapacitní podmínku pro jednotlivé okruhy.

Okruhy byly rozděleny dle Mayerovy metody. Následně byly trasy optimalizovány metodou Branch and bound (metoda Větví a mezí), k jejíž realizaci byl použit program – doplněk Excelu TSPKOSA. Pro okruhy, jejichž data byla složitá na výpočet metodou Větví a mezí byla použita Vogelova aproximační metoda k dosažení neoptimálnějšího řešení. Tímto postupem bylo vytvořeno celkově 8 nových logistických tras.

Po optimalizaci 8. okruhu došlo k nasycení a pokrytí všech uzlů. Zároveň vznikla větší časová rezerva, a to zhruba 1 hodina a 30 minut. Z teoretického hlediska byly všechny okruhy přizpůsobeny požadavkům a smluvním podmínkám společnosti se svými



zákazníky, a tak i zajištěn servis pro všechna zařízení provozovaná společností. Praxe může být ovšem odlišná. Ovlivnit tuto skutečnost může aktuální dopravní situace, změna smluvních podmínek vyplývajících ze strany odběratele, náhlá složitější porucha některého ze zařízení, stav plnosti jednotlivých zařízení a jiné skutečnosti. Proto je zde v rámci posledního okruhu prostor pro úpravy na trasách, které mohou operativně řešit výše zmíněné nenadálé situace nebo krátkodobou výpomoc v jednotlivých lokalitách. Pokud by nastala jakákoliv akutní potřeba zásahu do nově vytvořených okruhů, určitě se změní optimálnost a tím i ekonomické nákladové zatížení společnosti. Časová rezerva může kompenzovat vzniklé problémy na trase, ale zároveň zvedá náklady a porušuje optimálnost vytvořených okruhů.

#### **4.4.1 Rozdělení vozidel pro jednotlivé okruhy**

Rozdělení vozidel pro okruhy bylo jednoduše provedeno dle průměrné spotřeby. Renault Master (SPZ 8U15819) je vozidlo s největší průměrnou spotřebou zhruba 10 litrů na 100 km. Proto byl přiřazen na 7. a 8. okruh, které měří 40,1 km a 20,1 km. Zbylá vozidla typu Citroen Jumper (SPZ 1UC2179, 9U82513, 9U38127) mají stejnou průměrnou spotřebu zhruba 9 litrů na 100 km, a proto není potřeba rozlišovat ekonomickou nákladnost na jednotlivých trasách.

#### **4.4.2 Přehled dosažených výsledků**

Výsledkem je 8 nově vytvořených okruhů a víkendový okruh, který je teoretický. Trasa, která se jezdí v sobotu se mění vždy podle situace a není vždy potřeba objíždět všechna uvedená místa.

**Tabulka 9 Přehled všech zjištěných okruhů**

	Počet zařízení	Vzdálenost	Doba jízdy	Časová rezerva pro doplnění	čas celkem
1. okruh	16	214,5 km	3 h 10 min	4 h	7 h 10 min
2. okruh	16	249,5 km	3 h 33 min	4 h	7 h 33 min
3. okruh	16	258,6 km	3 h 56 min	4 h	7 h 56 min
4. okruh	21	168,7 km	2 h 40 min	5 h 15 min	2 h 55 min
5. okruh	23	115,5 km	1 h 57 min	5 h 45 min	7 h 42 min
6. okruh	27	52,8 km	1 h 2 min	6 h 45 min	7 h 47 min
7. okruh	29	40,1 km	44 min	7 h 15 min	7 h 59 min
8. okruh	22	20,1 km	37 min	5 h 30 min	6 h 7 min
Víkend	-	141,6 km	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Po vytvoření pravidelného systému obsahujícího nově vzniklé a optimalizované okruhy (Tabulka 10) lze odhadnout počet ujetých kilometrů pro vozidla přidělená jednotlivým trasám. Odhad je orientační, jelikož bylo počítáno s údaji o průměrné spotřebě udávané výrobcem, která se vždy reálně liší. Zároveň bylo počítáno se skutečností, že řidič vždy odjede stejnou trasu po stejné dráze. Pokud by se tak nestalo z důvodu dopravních komplikací či jiných důvodů, počet najetých kilometrů bude přibývat. Při optimální situaci jízdy dle nově navržených okruhů, se roční nájezd bude přibližovat teoretickému odhadu. Kvůli značným změnám lokalit a počtu provozovaných zařízení není relevantní srovnání odhadu nájezdu s reálným stavem najetých kilometrů z minulých let.

**Tabulka 10 Vypočtený odhad ročního nájezdu pro vozidla přidělena jednotlivým okruhům**

		VOZIDLA			
		9l/100 km	9l/100 km	9l/100 km	10l/100 km
		1. vozidlo	2. vozidlo	3. vozidlo	4. vozidlo
1. týden (v km)	Pondělí	214,5	258,6	115,5	40,1
	Úterý	249,5	168,7	52,8	20,1
	Středa	214,5	258,6	115,5	40,1
	Čtvrtek	249,5	168,7	52,8	20,1
	Pátek	214,5	258,6	115,5	40,1
2. týden (v km)	Pondělí	249,5	168,7	52,8	20,1
	Úterý	214,5	258,6	115,5	40,1
	Středa	249,5	168,7	52,8	20,1
	Čtvrtek	214,5	258,6	115,5	40,1
	Pátek	249,5	168,7	52,8	20,1
Celkem za 2 týdny v km		2320	2136,5	841,5	301
Celkem za rok (52 týdnů) v km		<b>60320</b>	<b>55549</b>	<b>21879</b>	<b>7826</b>

Zdroj: vlastní zpracování

## 5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit efektivnost řešení logistických okruhů ve společnosti COSTE czech a.s. a optimalizovat trasy tak, aby bylo nalezeno pro společnost optimální řešení, které přinese ekonomické výsledky v podobě snížení nákladů vynaložených na dopravu. Při tvorbě těchto okruhů byly zohledněny veškeré změny, které měly zásadní dopad na strukturu nových okruhů.

Na začátku práce byla představena společnost a popsána její letitá historie a stabilní postavení mezi společnostmi, které podnikají ve stejném oboru. Byla uvedena hlavní činnost podnikání a charakteristika podnikové politiky. Společnost disponuje mnoha zařízeními v podobě potravinových automatů, sodobarů a technologiemi s nimi spojenými. Všechny tyto skutečnosti a technologické vybavení jsou taktéž uvedeny v úvodní části práce.

Vstupní analýzou byl nalezen podnět, z něhož vyplynul hlavní záměr práce, a to nalezení a vytvoření nových dopravních okruhů, jejichž efektivnost se bude v praxi blížit neoptimálnějšímu řešení. Byly popsány podmínky, které jsou uvedeny ve smlouvách s odběrateli, a tvořily tak omezení a kapacitní podmínky pro nové okruhy.

Doposud byly ve společnosti používány staré trasy z roku 2019, které nezahrnovaly nové zákazníky a zároveň zde byly zahrnuty lokality, s nimiž byla spolupráce před sezónou 2021/2022 ukončena. Tyto trasy byly navíc vytvořeny bez jakýchkoliv metodologických postupů, a tak pravděpodobně nebyla nalezena neoptimálnější varianta, která by minimalizovala provozní náklady. Dále byly uvedeny jednotlivé dopravní prostředky používané pro podnikovou logistiku a byly uvedeny jejich specifikace ovlivňující ekonomické dopady na společnost.

Před tvorbou nových okruhů byl vytvořen aktuální seznam všech uzlů, které byly seřazeny dle vzdáleností a uspořádány do dopravní tabulky (viz. Příloha 1). Místa byla roztríděna do jednotlivých okruhů pomocí Mayerovy metody. Jednotlivé okruhy pak byly sestaveny a optimalizovány v programu TSPKOSA, a to pomocí metody větví a mezí. Tato metoda zajistila neoptimálnější výsledky, které již nelze nahradit jiným efektivnějším řešeními. U okruhů, které obsahovaly data, která nebylo možno pomocí programu TSPKOSA zpracovat metodou větví a mezí, byla použita Vogelova aproximační metoda. Tím bylo dosaženo nalezení neoptimálnějších řešení. Výsledky řešení, tj. nové dopravní okruhy (výsledky z programu TSPKOSA), byly vypočítány a graficky uvedeny v hlavní

části vlastní práce (viz 4.3.1). V závěru práce byly v tabulkách přehledně vyhodnoceny všechny nové dopravní okruhy. Byla sečtena časová náročnost a vytíženost řidičů a uvedena celková vzdálenost tras (viz Tabulka 9). Také byl uveden hrubý odhad celkového ročního nájezdu nákladních vozidel, která jsou pravidelně používána jako hlavní dopravní prostředek pro jednotlivé okruhy (viz Tabulka 10).

Společnost by měla do budoucna zvážit použití plánovacího programu pro dopravní trasy, nebo v případě vysokých pořizovacích nákladů alespoň využít metodologických postupů pro zajištění optimálnosti logistických tras. Výše zmíněné nové okruhy vznikly na základě metodologických postupů a z teoretického hlediska jsou neoptimálnější variantou, kterou lze maximálně minimalizovat provozní náklady vynaložené na dopravu. Avšak z praktického hlediska lze jejich stoprocentní funkčnost zpochybnit, neboť zde existují proměnlivé a dynamické faktory ovlivňující aplikaci výsledných řešení v praxi. Je jím například proměnlivá dopravní situace na trasách, která může z hlediska času ovlivnit náročnost celé trasy. Dále je jím lidský faktor v podobě řidičova rozhodnutí týkajícího se přesné volby trasy. Stav naplněnosti provozovaných zařízení dokáže zásadně ovlivnit celkový čas prodlevy při doplňování automatů, a může tak ovlivnit celkovou délku jedné směny.

Kvůli výše zmíněným důvodům a několika dalším faktorům bych doporučil společnosti teoreticky optimální logistický systém nejprve vyzkoušet v praxi po dobu nezbytně nutnou pro získání dat vykazujících nižší nákladové zatížení. Nově navržené okruhy jsou bezpochyby neoptimálnějším řešením aktuální logistické situace ve společnosti COSTE czech a.s. Tento systém by dokázal ušetřit až několik tisíc najetých kilometrů ročně, což by znamenalo při aktuální situaci zdražování pohonných hmot (Q1 2022) výrazné finanční úlevy. Nelze však použít tyto nové okruhy, vzniklé na základě metodologických postupů, rovnou přímo v plného provozu, aniž by byla v praxi vyzkoušena jejich pružnost a teoretický potenciál.

## 6 Seznam použitých zdrojů

### 6.1 Literární zdroje a akademické práce

ADAMCOVÁ, Michaela, 2020. *Optimalizace dopravních tras mezi firmou a jejími odběrateli*. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

BOČKAYOVÁ, Tina, 2019. *Optimalizace v přepravních úlohách*. Plzeň. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.

FÁBRY, Jan, 2019. *Operační výzkum pro prezenční a kombinovanou formu studia*. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO Vysoká škola. ISBN 978-80-87042-84-7.

FIALA, Petr, 2009. *Dynamické dodavatelské sítě*. Praha: Professional Publishing. ISBN 9788074310232.

FRIEBELOVÁ, Jana, 2009. *Operační analýza*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta. ISBN 9788073941932.

HRANIČKOVÁ, Pavlína, 2015. *Plánování tras kamionové dopravy*. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 9788086946443.

JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ, 2012. *Logistika pro ekonomy - vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 9788073579586.

KOSKOVÁ, Ivanka, 2004. *Distribuční úlohy I*. Praha: Credit. ISBN 8021311568.

KUČERA, Petr, 2009. *Metodologie řešení okružního dopravního problému*. Praha. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. Jaroslav Havlíček, CSc.

LAMBERT, Douglas M. a Lisa M. ELLRAM, 2000. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 8072262211.

LUKOSZOVÁ, Xenie, 2020. *Logistika pro obchod a marketing*. Jesenice: Ekopress. ISBN 9788087865590.

MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ, 2018. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 9788024841588.

OUDOVÁ, Alena, 2016. *Logistika: základy logistiky*. Aktualizované 2. vydání. Prostějov: Computer Media. ISBN 9788074022388.

PERNICA, Petr, 2005. Logistika pro 21. století: (Supply chain management). Praha: Radix. ISBN 8086031594.

SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA, 2009. Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů. Brno: Computer Press. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 9788025125632.

ŠKAPA, Petr, 2008. Základy dopravy [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita [cit. 2022-02-20]. ISBN 978-80-248-1521-3. Dostupné z: [http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/Zdopr/02\\_SD.pdf](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/Zdopr/02_SD.pdf)

ŠUBRT, Tomáš, 2019. Ekonomicko-matematické metody. 3. upravené a rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 9788073807627.

VOLEK, Josef, 2008. Operační výzkum I. Vyd. 2., nezměn. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 9788073950736.

## **6.2 Internetové zdroje**

COSTE czech [online], 2021. Chomutov: COSTE czech [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <http://coste.cz/>

Mapy.cz [online], 1998. Praha: Seznam.cz [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

PLANTOUR [online], 2020. Praha: PLANTOUR [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://www.digitech.cz/>

Road Control [online], 2020. Praha: Road Control [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://www.roadcontrol.cz/>

SOLVERTECH [online], 2022. Ostrava: SOLVERTECH [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://solvertech.cz/>

## **7 Přílohy**

Příloha 1 Matice sazeb – vzdálenosti uzlů



**Příloha 1 Matice sazeb – vzdálenosti uzlů**

	SKED, Chemtov	Agavevet Chemtov	Zimní stadion Chemtov	Sportovní hala Chemtov	Kamercevo jezero Chemtov	Magistrát Chemtov	Zooptik Čob	Stadane ČSK Chemul	INCA Hrnov	KUKA Cheml	ČEZ Puncel	United Energy	Benteler Kid	STK Křiževr	S.M.O.P. Křiževr	Křiževr	Donaldson	Znamí Keda		
SKED, Chemtov	0,9	0,9	0,9	1,1	1,3	1,4	2,2	2,8	3,2	4,5	6,3	6,6	15,8	15,8	15,8	15,8	19,3	19,3	19,3	20,4
Agavevet Chemtov	0,9	0,3	0,8	0,8	1	1,1	1,5	2,4	3,2	4,8	6,1	6	15,2	15,3	17,4	18,1	18,3	18,6	18,9	19,6
Zimní stadion Chemtov	0,9	0,3	0,8	0,8	0,9	1,1	1,5	2,9	3,7	4,9	6,1	6	15,2	15,3	17,4	18,1	18,3	18,6	18,9	19,6
Sportovní hala Chemtov	1,1	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	2,1	3,1	3,9	6,3	6,3	15,7	15,7	18,5	18,5	19,5	19,5	19,6	19,6
Kamercevo jezero Chemtov	1,4	1,1	1,1	0,9	1,5	1,5	1,6	2,2	2,6	3,8	6,7	6,7	14,2	16	16,9	17,1	18,6	18,6	18,7	19,2
Magistrát Chemtov	2,2	1,9	1,9	1,4	1,1	1,6	1,6	2,4	1,7	4,1	6,9	5,9	15,1	16,6	16,8	18	19,2	18,5	19,8	20,2
Zooptik Chemtov	2,8	2,4	2,9	2,1	2	2,2	2,2	3,4	3,4	4,2	8,2	5,5	14,1	14,7	16,4	18,4	17,6	18,4	19,2	19,2
Stadane Chemtov	3,2	3,3	3,2	2,1	2,6	3	3,7	4,2	4,2	3,7	8,9	6,2	15,8	16,8	17,1	17,3	18,6	18,6	18,7	19,2
STK Chemtov Alfa Technic s. r. o.	4,5	4,8	4,9	3,9	3,8	4,1	4,1	4,4	3,4	3,7	3,2	7,3	16,4	16,9	19,1	20,2	19,4	19,9	20,2	21
INCA Chemtov	6,3	6,1	6,1	6,3	6,7	6,9	7,1	6,2	6,9	3,2	10,3	10,3	19,4	19,9	22,4	22,4	22,4	23,9	24	24
KUKA Chemtov	6,6	6,6	6,6	6,3	6,7	6,9	7,1	6,2	6,9	3,2	10,3	10,3	19,4	19,9	22,4	22,4	22,4	23,9	24	24
ČEZ Puncel	15,8	15,2	15,1	15,7	14,2	15,1	13,5	14,4	14,1	16,4	19,4	19,4	29,1	29,1	29,1	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
United Energy Kroměříž	18,5	18,5	18,5	18,5	16,9	16,6	16,6	16,6	16,6	14,4	18,8	18,8	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
Benteler Křiževr	18,8	18,1	18,1	18,2	17,1	18	16,5	17,6	17,1	19,4	22,4	22,4	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
STK Křiževr Alfa Technic s. r. o.	19,3	18,6	18,5	18,5	17,6	18,5	17	18,1	17,3	19,6	22,6	22,6	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
S.M.O.P. Křiževr	19,6	18,9	18,8	18,8	17,9	18,8	17,3	18,4	17,9	20,2	23,2	23,2	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
Donaldson Křiževr	20,3	19,6	19,5	19,5	18,6	20,1	18	19,2	18,6	20,9	23,9	23,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
Donaldson Keda	20,4	19,7	19,6	19,6	18,7	20,2	18,1	19,2	18,7	21	24	24	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
Znamí Keda	20,6	19,9	19,8	19,8	18,9	20,4	18,3	19,4	18,9	21,2	24,2	24,2	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
Hi-tek (PZ Havran)	21,2	17,3	17,2	17,8	21,1	20,1	21,9	25,7	23,6	17,5	17,5	22,7	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
ZS H. Koblík Keda	21,4	22	21,9	21,3	21	21,9	20,3	21,5	20,9	23,2	26,2	26,2	7	7	7	7	7	7	7	7
Gymnázium Keda	22	21,3	21,3	21,9	20,3	21,3	19,7	20,9	20,3	22,6	25,6	25,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6
Vězeňská Nová Srdlo	22,1	23,5	23,4	23,8	22,8	24	22,9	25	28,1	30,4	28,9	24,9	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
ZS P. Bezruč Zatec	23	23,2	23,1	23,4	22,3	25,5	24,1	28,3	30	26,6	24,5	24,5	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8
SOŠ Most	23,7	23,3	23,3	24,2	25,7	24	24,6	23,8	24,2	21,6	19,9	27,9	37	37	37	37	37	37	37	37
SPS Keda	22,1	21,5	21,5	21,8	20,6	21,3	19,9	22,3	20,5	22,6	25,6	25,6	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
Humana Litvov	24	24,6	24,1	24	24,7	24,8	25,6	24,6	22,7	23,8	20,6	28,7	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
ZS a MŠ Litvov	25,3	26,2	26,2	25,7	25,7	26,9	26,5	26,7	26,4	23,8	22,7	30,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
STK Křiževr Alfa Technic s. r. o.	26,6	26,5	26,5	26,8	25,6	27,1	27,1	31,3	30,8	33,1	29,7	27,8	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7
Pražsko Pevnosty	33,1	33,7	33,7	33,6	33	34,1	33,8	39,8	36,6	40,7	35,9	34,7	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8	43,8
Gymnázium Loupy	35	36,2	35,6	35,5	34,9	36	35,2	41,7	42,1	42,1	37,8	37,8	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7
ZK Loupy	36,9	36,5	36,2	36,2	35,5	36,3	35,6	40,6	42,7	42,7	40,6	40,6	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2
SOŠ Teplice	43,9	46,8	47,4	48,2	48,2	48,1	46,8	47,8	47,8	47,8	43,9	43,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9
Ceslářská Kupa	52	50,8	50,7	51,3	51,9	52,1	52,2	49,3	51,9	48,4	48,1	52,4	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
Kulská Kupa	53,2	51	51,1	52	52,8	53,8	52,2	51,6	51,9	48,4	47,7	52,4	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
Štěrka Ústí nad Labem	62,1	62,1	62,1	62,6	62,8	62,8	63,1	63,5	61,2	61,2	59,8	59,5	70	70	70	70	70	70	70	70
SPS Ústí nad Labem	64,1	63	63,9	63,5	63,6	63,1	64,4	66,2	66,2	60,6	60,5	67,6	79,7	79,7	79,7	79,7	79,7	79,7	79,7	79,7
ZS Nebušitz Praha	85,3	85,3	85,3	85,8	86	86	86	86	86	84	85,5	86,5	96	96	96	96	96	96	96	96
ZS Zdr. Děln	86,4	86,4	86,4	86,9	87	87	86,6	89,4	89,4	84	85,5	86,5	96	96	96	96	96	96	96	96
ZOO Děln	88,1	88,1	88,1	88,1	89,2	89,2	89,6	87,7	87,7	86,2	85,4	93,2	102,3	102,3	102,3	102,3	102,3	102,3	102,3	102,3
Amex Sportcentrum	88,8	88,8	88,8	88,8	88,9	89	89,8	88,7	88,7	85,9	84,8	92,9	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1
Masarykova kolej Praha	90	90,5	90,5	91,3	90	89,8	90,7	91,4	92,5	92,9	91,6	100,7	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5
Kolářův Bureč Praha	92,5	92,5	92,5	92,7	93,2	93,2	93,2	93,7	95	95,6	95,3	94,7	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8
Kolářův Bureč Praha	93,2	92,1	92,1	92,7	93,1	94,1	93,8	94,2	95,2	95,2	94,7	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8	103,8
SPS Smetanovská Praha	93,9	106,3	94,6	95,7	95,6	94,2	96,4	96,2	103,5	102,8	108,6	95,6	106,3	106,3	106,3	106,3	106,3	106,3	106,3	106,3
ZS Wenzel Státní Praha	94,2	93,3	93,3	93,3	92,7	92,7	92,7	92,7	92,7	92,7	92,7	92,7	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9
VOS dopravní Praha	94,8	95	94,9	94,4	94,8	95,7	95,3	101,6	97,2	101,6	97,3	96,2	104,4	104,4	104,4	104,4	104,4	104,4	104,4	104,4
ZS Brnozář Praha	95	95,6	95,5	95,4	94,2	94	94	100,4	96,2	101	98,7	96	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7
SPS Ficta Praha	96,2	96,9	96,3	108,2	97,3	95,9	98,7	100,2	98,7	103,7	109,6	104,4	108,7	108,7	108,7	108,7	108,7	108,7	108,7	108,7
ZS Jiřího Poděbrad Praha	97,6	98,2	97,9	100,8	97,7	97,7	97,3	101,3	98,9	104	99,5	99	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1	107,1
Archibiskupské gymnázium Praha	97,6	98	97,3	100,8	98,4	97,5	99,8	98,5	100,7	107,6	106,3	106,3	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1
Zimní stadion Koba Praha	104,8	105,3	105,3	106,3	104,7	105,9	111,5	111,5	111,5	111,9	111,9	111,9	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5
Kolářův Bureč Praha	106,3	106,9	106,9	106,8	106,2	107,5	107,5	113	108,7	113,4	109,1	117	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7	105,7
Hedvičská kolej Praha	106,4	96,6	102,1	96,2	107,1	108,4	98,3	104,4	98,4	104,5	109,2	117,1	104,8	104,8	104,8	104,8	104,8	104,8	104,8	104,8
Technická fakulta UK	106,4	107,1	107,1	107,1	107,1	108,4	107,6	113,2	108,9	114	110,1	108	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1
ZS Srdcovní Praha 4	107,2	107,4	107,4	108,1	107,6	108,8	108,4	113,6	113,6	110,1	110,5	108,4	118,3	118,3	118,3	118,3	118,3	118,3	118,3	118,3
ZS Štěpánovská Praha 4	109,3	110,1	110,1	109,8	109,5	110,6	110	116,4	116,4	112,2	116,4	110,9	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3
ZS Mladá Praha 4	109,7	110,2	110,2	108,5	109,6	98,5	106,4	113,8	112,2	116,8	112,5	109,7	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4
ZS Burešova Praha	111,1	106,5	106,6	105	108,9	107	106,7	108	108,2	108,2	107,4	107,5	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7
Gymnázium Jiřidvická Praha 9	111,4	106,8	106,8	111,4	106,2	106,6	110,9	108,8	108,5	107,7	107,7	107,8	112	112	112	112	112	112	112	112
Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR	111,4	111,9	111,9	111,8	111,7	111,5	112	112,6	113,8	118,4	114,2	112,9	122	122	122	122	122	122	122	122
ZS Větrušický Praha	112,2	116,4	116,4	117,4	115,8	116,9	114,4	121,2	114	119,2	126,4	116,8	1							



