

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Disertační práce

Využití elektromobilů v silniční nákladní dopravě

Michal Husinec

© 2023 ČZU v Praze

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému školiteli doc. Ing. Tomášovi Šubrtovi, Ph.D. za jeho vedení při zpracování disertační práce. Současně děkuji panu prof. RNDr. Jaroslavu Havlíčkovi, CSc. za zpracování katedrového posudku a cenné rady pro zlepšení mojí práce. A paní prof. RNDr. Heleně Brožové, CSc. za cenné rady k tématu. Děkuji i všem kolegyním a kolegům z katedry systémového inženýrství za podporu a spolupráci v průběhu celého mého doktorského studia.

Využití elektromobilů v silniční nákladní dopravě

Abstrakt

Nákladní doprava a distribuce zboží je jedním z faktorů rozvoje regionu, a i přes negativní vliv na životní prostředí je její dopad na rozvoj regionu klíčový. Tato práce identifikuje výzvy současné distribuční logistiky spojené s častým doručováním menších zásilek na stejná místa, což vede ke zvýšeným nákladům a neefektivitě. Zaměřuje se na možné využití vozidel s alternativním pohonem, zejména elektrických vozidel, a řeší otázky spojené s lokací nabíjecích stanic v logistických parcích a v oblastech s vyšší koncentrací nákladní dopravy. Zároveň řeší otázku možného využití dopravních okružních modelů pro tyto vozidla. Možné využití elektrických vozidel v distribuční logistice je spojeno se značnou nejistotou v oblasti efektivity a provozních nákladů. Mezi hlavní problémy patří omezená nebo chybějící infrastruktura nabíjecích stanic, speciálně navržených pro nákladní dopravu, což vyžaduje vybudování komplexní infrastruktury pro elektrická nákladní vozidla s cílem minimalizovat dopady výstavby nových nabíjecích stanic na životní prostředí. Tato práce představuje možné matematické metody použitelné pro lokaci dobíjecích stanic v České republice, ideálně v rámci jednotlivých okresů. Aplikace matematických modelů má za cíl optimalizovat využití zdrojů, zmírnit dopady na životní prostředí spojené s výstavbou nových nabíjecích stanic a prozkoumat navržená místa z hlediska udržitelnosti a možnosti dalšího rozvoje. Výsledkem práce je návrh možného umístění nabíjecích stanic s ohledem na již stávající infrastrukturu logistických parků, která je doplněna o nová místa splňující podmínky umístění. Výběr místa nabíjecí stanice je stěžejní pro udržitelný rozvoj nákladní dopravy a vyžaduje analýzu různých kritérií.

V rámci teoretických východisek jsou podrobněji rozebrány oblasti distribuční logistiky, dopravních okružních modelů, lokace a umístění objektů, legislativních omezení, systémových přístupů a myšlení a aplikace metod vícekritériálního rozhodování.

Klíčová slova: distribuční logistika, EOQ, kritéria, lokace objektů, nákladní doprava, tranzitní čas, trasa.

The use of electric vehicles in road freight transport

Summary

Freight transport and distribution of goods is one of the factors of the region's development and despite its negative impact on the environment, its impact on the region's development is crucial. This paper identifies the challenges of current distribution logistics associated with frequent delivery of smaller shipments to the same locations, leading to increased costs and inefficiencies. It focuses on the potential use of alternative fuel vehicles, particularly electric vehicles, and addresses issues related to the location of charging stations in logistics parks and in areas with higher concentrations of freight traffic. It also addresses the possible use of traffic circle models for these vehicles. The potential use of electric vehicles in distribution logistics is associated with considerable uncertainty in terms of efficiency and operating costs. The main challenges include the limited or missing infrastructure of charging stations specifically designed for freight transport, which requires the construction of a comprehensive infrastructure for electric trucks to minimise the environmental impacts of building new charging stations. This paper presents possible mathematical methods applicable for locating charging stations in the Czech Republic, ideally within individual districts. The application of the mathematical models aims to optimise resource use, mitigate the environmental impacts associated with the construction of new charging stations, and examine the proposed locations in terms of sustainability and the potential for further development. As a result of the work, possible locations of charging stations are proposed with respect to the already existing infrastructure of logistics parks, which is complemented by new sites that meet the location conditions. The selection of charging station locations is central to the sustainable development of freight transport and requires the analysis of various criteria.

Within the theoretical background, the areas of distribution logistics, traffic circle models, siting and location of facilities, legislative constraints, systems approaches and thinking, and the application of multi-criteria decision-making methods are discussed in detail.

Keywords: distribution logistics, EOQ, criteria, location of objects, freight transport, transit time, route.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle a metodika	11
2.1	Cíl práce	11
2.2	Metodika	12
2.3	Požadavky a předpoklady umístění nabíjecích stanic.....	13
2.4	Požadavky a předpoklady pro testovací dopravní okružní problém.....	14
3	Teoretická východiska	15
3.1	Teorie dopravních systémů	15
3.1.1	Samoregulační principy dopravních systémů	18
3.1.2	Distribuční úlohy	19
3.1.3	Okružní problémy	20
3.1.4	Rozvozní dopravní úloha	23
3.1.5	Kapacitně omezený rozvozní plán pro vozidla s alternativním pohonem	25
3.1.6	Mayerova Metoda	28
3.1.7	Clarkeova-Wrightova Metoda	28
3.2	Distribuční logistika.....	31
3.2.1	Funkce distribuční logistiky.....	34
3.2.2	Struktura distribučního systému	35
3.2.3	Prvky distribuční logistiky.....	38
3.2.4	Cíle distribuční logistiky.....	39
3.2.5	Optimalizace distribuční logistiky	40
3.2.6	Rizika distribuční logistiky	46
3.2.7	Legislativní omezení distribuční logistiky.....	48
3.2.8	Efektivní distribuční plán.....	49
3.3	Zelená logistika.....	51
3.4	Stávající postupy pro volbu umístění nabíjecích stanic pro nákladní dopravu....	55
3.5	Lokační modely	57
3.5.1	Lokace jednoho objektu – vzdálenost po osách.....	58
3.5.2	Lokace jednoho objektu – vzdálenost kvadratická	59
3.5.3	Lokace více objektů – vzdálenost po osách.....	59
3.5.4	Lokace více objektů – vzdálenost kvadratická	60
3.5.5	Weiszfeldův algoritmus	60
3.5.6	Diskrétní lokační problém	61
3.5.7	Model umístění nabíjecích stanic s ohledem na dojezd elektromobilu	61
3.6	Metoda analytického síťového procesu (ANP).....	64
4	Lokace nabíjecích stanic pro nákladní vozidla	65
4.1.1	Kritéria pro umístění nabíjecích stanic	66
4.1.2	Preference kritérií pro umístění nabíjecích stanic.....	69
4.2	Analýza a formulace problému umístění nabíjecích stanic	72
4.2.1	Postup hledání umístění nabíjecích stanic	72
4.2.2	Lokace nabíjecích stanic s využitím logistických center.....	74
4.2.3	Lokace nabíjecích stanic podle okresů	88
4.3	Vyhodnocení modelů umístění nabíjecích stanic	94
4.4	Verifikace umístění nabíjecích stanic pomocí dopravního okružního problému	96

4.4.1	Použitý model okružního problému.....	97
4.4.2	Postup řešení okružního problému	98
4.4.3	Modifikovaný model Mayerovy metody	99
4.4.4	Dopravní okružní problém bez ohledu na omezení kapacitou baterií	99
4.4.5	Okružní dopravní problém s nutností dobíjení	103
4.4.6	Vyhodnocení lokace nabíjecích stanic.....	106
5	Diskuze	107
6	Závěr	110
	Seznam použité literatury	113
	Seznam použitých zkratk	126
	Seznam Obrázků	128
	Seznam Tabulek.....	129
	Seznam Příloh	130

1 Úvod

Jedním z hlavních cílů distribuční logistiky je doručit zboží v požadovaném termínu a požadované kvalitě s ohledem na maximální využití vozidel a s možným snížením negativního dopadu na životní prostředí. S rozvojem pohonů v oblasti alternativních zdrojů pro osobní vozidla zejména v oblasti využití elektrické energie lze uvažovat o možném využití i v nákladní dopravě právě pro oblast distribuční logistiky a městské (city) logistiky. Možná dopravní omezení a nízkoemisní zóny jsou jedním z omezujících faktorů pro vozidla využívající konvenční paliva. S ohledem na možnosti rozšíření nákladních vozidel o alternativní typy pohonu lze uvažovat o nové nebo upravené metodice nákladní distribuční sítě, která bude zahrnovat omezující podmínky tykající se vozidel třeba s elektropohonem. Existuje mnoho okružních modelů a lokačních modelů, které bychom mohli modifikovat pro výše zmíněná vozidla nebo bychom mohli využít víceúrovňový distribuční model, který v sobě kombinuje více možností optimalizací (Cattaruzza a kol., 2017), v důsledku toho lze identifikovat hlavní problémy které bude nutné nejprve analyzovat a následně vyřešit.

Cílem městských oblastí je celkové snížení škodlivých emisí a hluku, které je způsobeno současnými nákladními vozidly a omezenou propustností tras v důsledku nárůstu distribuční dopravy, která může negativně ovlivnit kapacitu baterií u vozidel s alternativním pohonem. Musíme tedy počítat i s variabilními časy doručení s ohledem na možné omezení trasy (Mancini, 2017). Jedním ze základních požadavků městských oblastí je právě pravidelné zásobování při využití stávající dopravní infrastruktury. Tato omezení vedou logistické společnosti k zamyšlení, zda lze efektivně využít vozidla s alternativním pohonem nebo vozidla využívají elektrické palivové články. Hlavním předpokladem zvýšení efektivity je nejenom ideální trasa vozidla ale i vhodná skladba dodávek. Dnešní doba umožňuje variabilní možnosti doručení zboží a odběratel může udržovat minimální zásoby, které zpravidla doplní během 24 hodin od objednání zboží. Až pravděpodobně výše investice do vozidel s alternativním pohonem pro distribuci přinese i možnou změnu v chování odběratele, protože vyšší pořizovací náklady budou muset dopravci promítnout do finální ceny za doručení zboží. Lze tedy uvažovat o možné změně v chování odběratele, protože vyšší náklady spojené s častějším doručením zboží budou kompenzovány ve vyšší ceně produktů což není z hlediska spotřebitele žádoucí. Abychom docílili lepšího chování spotřebitelů a tím docílili větší efektivity v nákladech na doručení, můžeme využít koncept EOQ (Economic order quantity). Jedná se o jeden z nejvíce diskutovaných modelů v

produkční logistice (Khan a kol., 2011; Harris, 1913). Kde nejznámější adaptací vzorce je metoda EPQ (Economic Production Quantity), které zohledňuje denní poptávku výroby produktů. Další známou modifikací konceptu EOQ je „Japonská Produkce“ praktický přístup zaměřený na velikost objednávky a doby výroby nebo přípravy objednávky. (Hall, 1981; Schonberger, 1982; Shingo, 1988) zavedli zásady jako jsou Just-in-time (JIT).

Současnou metodiku lze využít i pro dopravní okružní modely k nalezení řešení založených na znalostech, které lze interpretovat prostřednictvím rozhraní systému pro podporu rozhodování, protože již obsahují podmínky pro vozidla využívající alternativní zdroje energií.

Jedním z hlavních důvodů pro zavádění elektromobility je její minimální dopad na životní prostředí (Behnke a Kirschstein, 2017). Oblast možného využití elektro vozidel je však omezena nedostatečnou nebo zcela chybějící infrastrukturou nabíjecích stanic pro nákladní vozidla a časem potřebným pro nabíjení baterií. Výhodou je možnost využití energetické sítě v nočních hodinách, kdy převis výroby energie by mohlo kompenzovat dobíjení vozidel (Montoya a kol., 2017). Noční dobíjení pomáhá vyrovnávat napětí v energetické síti spotřebou přebytků z výroby. Současně s rozvojem elektromobilů bychom měli pracovat i s myšlenkou inteligentní energetické sítě, která by mohla v budoucnu pro tato vozidla zajišťovat energii (Huang, Kanaroglou a Zhang, 2016). Inteligentní energetická síť může zvýšit efektivitu dobíjení vozů, při dosažení výrazně nižší spotřeby energie a nižších emisí uhlíkových plynů při výrobě energie.

Mezi hlavní omezující podmínky lze zařadit dojezd vozidla na akumulátory. Výrobci udávají pro vozidla o celkové hmotnosti nad 3,5 t dojezd okolo 200 km (Electric mobility-Daimler Global Media Site, 2017). Dojezd vozidla se může měnit v souvislosti s naloženou kapacitou a klimatickými podmínkami. Na základě dlouhodobých testů společnosti Mercedes-Benz je dojezd v městské logistice dostačující (E-Canter, 2017). Co ale v případě, pokud musí vozidlo dojet mimo tento rádius a potřebujeme, aby se vrátilo do centrálního depa, nebo pokud v důsledku přetížené kapacity infrastruktury bude vozidlo popojíždět v koloně. V takovém případě musí vozidlo vyhledat dobíjecí stanici dříve a dobít akumulátor. Společnost FUSO, dceřiná společnost Mercedes-Benz u svého produktu E-Canter uvádí nabití akumulátorů na 80 % za jednu hodinu při využití stejnosměrného proudu (E-Canter, 2017). Ideální dobíjení vozidel je pomocí konektoru CCS typ 2 (EU kompatibilní). Tento konektor umožní nabíjet akumulátor dobíjecím proudem až 200A (Association for

electromobility of the Czech Republic, 2021). V roce 2021 bylo podle Asociace pro elektromobilitu v České republice 43 dobíjecích stanic s možností připojení tohoto konektoru. Bohužel ale tyto stanice jsou použitelné pouze pro dobíjení osobních vozidel i vzhledem k jejich umístění v centrech měst. Celkově lze tedy konstatovat, že síť dobíjecích stanic pro nákladní vozidla je nedostatečná. Jedná se o velmi komplikovaný problém a je často řešen s využitím systémové analýzy a modelování k určení míst nabíjecích stanic a k optimalizaci lokací těchto dobíjecích stanic. Součástí rozhodování o jejich umístění by mělo být stanovení kritérií, podle kterých budeme posuzovat ideální lokaci. Jedním z hodnotících kritérií by mělo být i umístění v blízkosti logistických parků. V tomto kontextu se pro optimalizaci nabíjecích stanic pro osobní automobily objevují hybridní algoritmy založené na genetickém algoritmu a konvenčním algoritmu PSO (Particle Swarm Optimization) (Awasthi a kol., 2017). Těmito autory navržená metoda GAIPSO zvýšila provozní funkčnost algoritmu PSO a představila novou optimální strategii pro umístění nabíjecích stanic. Algoritmus je založený na zdokonalené optimalizaci jednotlivých částí algoritmu. K vytvoření optimální velikosti populace s možností umístění nabíjecí stanice pro každou velikost populace se využívá cílová funkce GA, která je poté importována do PSO, odtud název IPSO. Následná duální optimalizace přináší kvalitnější výsledky v menším počtu iterací ve srovnání se systémem GA a IPSO (GAIPSO). Navržený algoritmus splnil požadovaná kritéria pro minimální počet nabíjecích stanic a optimální energetický profil v energetické síti. Problematika umístění závisí na složitosti logistické sítě, která bude víceúrovňová (nepřímý vztah: dodavatelé – mezilehlé body – příjemci). Mnoho autorů (např Jacyna-Gołda a Izdebski, 2017) popisují problém s lokací objektů jako multikriteriální optimalizační problém, který závisí na kvantitativních a kvalitativních kritériích. Stejně složitý je problém možného umístění dobíjecích stanic, pro které lze využít vícekriteriální rozhodovací metody při výběru kompromisního řešení. Pro efektivní využití zdrojů a zmírnění dopadů na životní prostředí v oblasti výstavby nových nabíjecích stanic je možné například využít model ANP (Analytic network process), který umožňuje pracovat se složitými vztahy mezi kritérii. Navíc lze pro umístění dobíjecích stanic navrhnout různé strategie pro umístění objektů a porovnávat je z hlediska přiměřenosti zdrojů (Guoqi a kol., 2017). Vybraný lokační model pro umístění nabíjecích stanic musí respektovat dojezdové vzdálenosti stávajících vozidel využívajících energie alternativních paliv, nabíjecí stanice musí být v určité vzdálenosti od centrálního nebo distribučního skladu.

Volba metody výběru místa pro nabíjecí stanice je velmi důležitá, protože předpoklady a vlastnosti některých metod by mohly vést k nepřesným výsledkům rozhodnutí (Wu a kol., 2016).

V této práci je navržen nový postup pro nejvhodnější lokaci nabíjecích stanic založený na systémovém přístupu a modelech operačního výzkumu.

2 Cíle a metodika

2.1 Cíl práce

Disertační práce se zaměřuje na využití modelů pro lokace objektů, využití konceptu EOQ a využití modelů dopravních okružních problémů.

Hlavním cílem této práce je navrhnout modelové řešení problému lokace nabíjecích stanic pro nákladní vozidla a rozšíření modelu dopravního okružního problému. Přitom lokace nabíjecích stanic musí zohledňovat umístění logistických parků. V rozšířeném okružním problému jsou zahrnuty dva typy míst, jednak místa zákazníků a jednak místa nabíjecích stanic a jeho řešení musí zohlednit délku ujeté trasy vzhledem ke kapacitám baterií.

Dílčí cíle práce:

1. Definice parametrů modelu na základě požadavků elektromobilů

Využívané optimalizační algoritmy musíme doplnit o omezující podmínky, které klasické konvenční automobily nepotřebují. Jedna z takových omezujících podmínek souvisí s časem nezbytným pro dobíjení akumulátorů. Zde bychom měli uvažovat i o možném nelineárním nabíjení akumulátorů, při němž nelze předem definovat přesný čas nabíjení s ohledem na možnost dobít vozidlo pouze pro kapacitu k nutnému dojezdu do výchozího depa. Dalším omezením bude kapacita baterií v závislosti na dojezdu a celkové nosnosti vozidla. Model následně doplníme o omezení pro klasická vozidla, kapacitu vozidla z hlediska využití (hmotnost, plochu), limitní časy (nakládka, čas strávený v lokalitě, celkový čas strávený mimo lokalitu), rychlost vozidla v síti. Pro konkrétní aplikaci zvolíme variantu optimalizačního modelu s klíčovou proměnnou hmotnost.

2. Nalezení míst pro nové dobíjecí stanice

Model bude aplikován na reálných datech vzdáleností jednotlivých obcí České republiky (ČR) od nejbližší lokace nabíjecí stanice. Pro jednotlivé okresy v rámci ČR budou nalezeny optimální místa nabíjecích stanic na základě dále definovaných preferencí. Pro umístění nabíjecích stanic nebudou zohledněna omezení energetické sítě ale pouze možné využití logistických parků, předpokládaný rozvoj dálniční a silniční sítě a dalších. Následná mapa nalezených lokací může být využita pro investora výstavby dobíjecích stanic.

2.2 Metodika

Metodika disertační práce je rozdělena do tří částí, které na sebe postupně navazují a které definují dosažení celkového cíle.

1. Zhodnotit současný stav poznání v oblasti distribučních, okružních a lokačních problémů

Prostudováním odborné literatury z oblasti stávajících dopravních okružních modelů a lokačních problémů bude vytvořen literární přehled, citování zdrojů bude převážně z odborných a vědeckých článků a knih. V oblasti stávajících metod pro řešení dopravních modelů lze nalézt mnoho algoritmů, které mohou být doplněné o nové omezující podmínky.

2. Modifikace stávajícího nebo vytvoření nového postupu řešení pro potřeby výzkumu

Na základě zhodnocení současného stavu bude zvoleno vhodné řešení problému, který bude doplněn o nové omezující podmínky a vyhodnocen z hlediska optimální hodnoty funkce. Podle zvolené formulace modelu budeme zkoumat, zda lze využít genetický algoritmus. Nicméně s ohledem na implementaci do existujícího optimalizačního softwaru bude nutné ověřit složitost vybrané metody vzhledem k výpočetním možnostem softwaru. Na základě využití řešeného problému, tedy minimalizace nákladů (přejezdových časů, ujeté vzdálenosti) bude aplikován model s minimalizací počtu nabíjecích stanic.

3. Testování zvolených řešení

Navržená metodika bude v dalších krocích ověřena na reálných datech. Postup řešení a výsledky řešeného problému (nové lokace nabíjecích stanic) budou testovány pomocí dopravního okružního modelu.

2.3 Požadavky a předpoklady umístění nabíjecích stanic

- Jak mnoho autorů uvádí, výběr umístění nabíjecích stanic je vícekritériální problém. Pro dále zvolená kritéria budou preference stanoveny na základě principu SMART a upřesněny modelem ANP.
- Simulací podmínek, které mohou nastat na trase vozidla s ohledem na kapacitu baterií, bude stanovena maximální vzdálenost nabíjecí stanice od každé obce (města). Tento parametr bude navržen s ohledem na parametry vozidel, klimatické a dopravní podmínky a maximální dojezd při plném nabití akumulátorů.
- Umístění nových lokací nabíjecích stanic bude vybíráno takto:
 - **Umístění v souladu s plánovanou výstavbou ŘSD – Přehled projektů ŘSD** (ŘSD, 2023) zajistí dostupnost nabíjecích stanic v oblastech s vysokou intenzitou dopravy a může podporovat rozvoj infrastruktury pro nákladní elektromobily na klíčových dopravních koridorech.
 - **Umístění do stávajících kapacitních parkovacích ploch pro nákladní dopravu** umožní nabíjení nákladních elektromobilů v místech, kde dochází k odpočinku řidičů a je tedy možné nabíjet během této doby.
 - **Umístění do průmyslových objektů** zajistí dostupnost a možnost nabíjení při vykládkách a nakládkách čímž se sníží možné prostoje vozidla související s nabíjením baterií.
 - **Umístění ke stávajícím čerpacím stanicím** zvyšuje dostupnost nabíjecí infrastruktury v blízkosti tradičních čerpacích stanic pro společné využívání stávající infrastruktury.
 - **Umístění v obci (městě)** může představovat efektivní a udržitelné řešení nákladní dopravy a současně může zvyšovat dostupnost nabíjecích stanic pro místní obyvatele a firmy.
 - **Minimalizace umístění na „zelené louce“** podporuje udržitelný rozvoj elektromobility bez zbytečného narušování přírodních lokalit.
- Geografická vstupní data modelu jsou odvozena od:
 - Obce v České republice (6254 obcí, měst a městských částí) (CZSO, 2023)
 - Okresy v ČR (76 okresů a 15 obvodů Prahy) (CZSO, 2023),
 - Logistické a skladovací parky (294) (CBRE, 2022)
 - Plánovaná výstavba ŘSD pro Českou republiku (ŘSD, 2023)

2.4 Požadavky a předpoklady pro testovací dopravní okružní problém

Okružní dopravní model bude vycházet z předpokladu umístění první doručovací adresy na základě maximální váhy a pak bude výpočet pokračovat dle nejbližší vzdálenosti. Dále předpokládáme maximální vytížení soupravy nebo kompletu s ohledem na kapacitu vozidla. Část omezujících podmínek je převzata z diplomové práce (Husinec, 2015)

- Jednotlivé parametry modelu a omezující podmínky
 - Kapacitní omezující podmínka s ohledem na nosnost vozidla,
 - Čas potřebný pro nakládku jednoho elementu (t_1),
 - Čas potřebný k vykládce jednoho elementu (t_2),
 - Maximální doba řízení vozidla (legislativní omezení) (t_3),
 - Maximální doba pohybu elementu mimo výchozí uzel (legislativní omezení) (T),
 - Průměrná rychlost vozidla v síti v Km/h (C),
 - Celkový počet naložených elementů – paletové místo (q),
 - Jednotlivé elementy jsou odeslány z výchozího uzlu daného atrakčního obvodu,
 - Distribuční trasy zajistí požadavky všech adres pro doručení,
 - Není stanovena minimální hranice týkající se hmotnosti pro jednotlivé elementy.

3 Teoretická východiska

Literární přehled obsahuje teoretická východiska řešených problémů a legislativní omezení na nichž je postaven vlastní výzkum. Práce jiných autorů, ze kterých je čerpáno, se týkají zejména hledání vhodných modelů dopravních, okružních a lokačních problémů, které by mohli být využity pro vozidla s alternativním pohonem. Dále se literární přehled zaměřuje na optimální objednané množství, distribuční logistiku, umístění nových dopravních uzlů, kapacitu v distribuční síti a s tím související legislativní omezení. Největší prostor je věnován problematice optimalizací dopravních okružních problémů a lokačních modelů.

3.1 Teorie dopravních systémů

Základním předmětem zkoumání teorie dopravních systémů je zkoumání zákonitostí pohybu v definovaném prostředí (Steenbrink, 1974). Tento předmět se rozpadá do tří okruhů lidské činnosti, a to (Steenbrink, 1974):

- Zkoumání vlastního způsobu přemístování, tedy technologická realita dopravního procesu.
- Zkoumání technických prostředků, jejichž prostřednictvím se proces přemístování uskutečňuje.
- Zkoumání efektů přemístění v socioekonomickém systému.

Prostředí pohybu je definováno množinou uzlů (míst) a hran (dopravních úseků), které spoluvytvářejí reálnou dopravní síť, kterou z hlediska potřeb zkoumání zobrazujeme vhodným modelem, a to grafem jistých vlastností. Na takto definované dopravní síti pak zkoumáme základní úlohy teorie dopravních systémů (Steenbrink, 1974):

- pohyb dopravního elementu po dopravní síti.
- pohyb množiny dopravních elementů po dopravní síti v uspořádaném (deterministickém) prostředí.
- pohyb množiny dopravních elementů v neuspořádaném (stochastickém) prostředí.
- proces sdružování dopravních elementů do dopravních jednotek a jejich pohyb po dopravní síti v deterministickém i stochastickém prostředí.

Efekty tohoto zkoumání se odráží ve dvou rovinách. V oblasti technologické reality zejména v úlohách (Steenbrink, 1974):

- Úpravy sítí a optimální hierarchizace dopravních sítí s ohledem na potřeby dané rozlišovací úrovně.
- Stanovení propustnosti sítí a jejich segmentů.
- Optimální lokace styku dvou nebo více homogenních dopravních sítí pro vytvoření sítě heterogenní.

V oblasti ekonomické reality (Steenbrink, 1974):

- Optimální zatížení dopravních sítí.
- Stanovení optimálního toku v dopravních sítích a optimálního rozložení dopravních proudů v těchto sítích.
- Optimální lokace uzlů v úlohách technologické reality.
- Optimální strategie shromažďování nehmotných bodů do dopravních jednotek.

Dopravní systém je vždy specifikován podsystémy, jako je dopravní síť a dopravní prostředek pohybující se v síti.

Z uvedeného je patrné, že teorie dopravních systémů je interdisciplinární teorií, která (Pastor, Tuzar, 2007, str. 20.):

- Zkoumá specifické děje zejména dynamického charakteru, k čemuž využívá exaktních metod, které jsou v teorii poznání klasifikovatelné v oblastech věd přírodních, zvláště matematických.
- Implikuje poznání věd technických do zkoumání technických prostředků pro uskutečňování procesu přemístění.
- Zkoumá efekty přemístění v socio-ekonomickém systému, k nimž vedle obecné makro i mikroekonomické teorie využívá specifické teorie, jako je zejména teorie kvality přemístění (přepravy), logistika jako vědní disciplína komplexně pojímající teorii oběhových procesů, ekonomiky nekomerčních jevů.

Seznam základních pojmů dopravních systémů (Černý a Kluvánek, 1991)

- Dopravní element je objekt přemístění, který se v průběhu dopravního procesu na nejnižší rozlišovací úrovni nedělí na menší části.

- Dávka je soubor několika elementů, které se v určité fázi dopravního procesu pohybují společně.
- Souprava je dávka vytvořená podle určitých pravidel, tak že po doplnění přesně určenými objekty vytvoří komplet.
- Komplet je objekt schopný samostatného pohybu v procesu dopravy.
- Náležitosti jsou objekty, kterými je třeba doplnit soupravu, aby spolu s nimi vytvořila komplet.
- Uzel je místo, ve kterém nastává alespoň jedna z těchto možností.
 - Elementy vstupují do systému,
 - Elementy vystupují ze systému,
 - Elementy se shromažďují,
 - Tvoří se nebo ruší se komplety nebo je s nimi manipulováno.
- Hrana (dopravní úsek) je orientovaná spojnice dvou uzlů, po níž se dopravují komplety.
- Propustnost úseku je maximální počet kompletů, které mohou za časovou jednotku projít od začátku uzlu dovnitř úseku.
- Dopravní síť je konečná množina uzlů a úseků, které tyto uzly spojují, přitom každý úsek má danou propustnost a délku.
- Trasa je posloupnost uzlů a na sebe navazujících úseků mezi těmito uzly.
- Relace je upořádaná dvojice uzlů, přičemž z prvního do druhého uzlu se dopravují neporušené komplety.
- Atribut je vlastnost některého dopravního elementu.
- Adresa je atribut dopravního elementu, který označuje jméno dopravního uzlu.
- Zdroj nějaké množiny elementů je uzel, ve kterém element vstupuje do dopravní sítě, jeho doprava zde začíná.
- Cíl/ústí nějaké množiny elementů je uzel, ve kterém element vystupuje z dopravní sítě, jeho doprava po této síti zde končí.
- Poloha elementu v čase t je uzel nebo úsek, ve kterém se element v tomto časové okamžiku nachází.
- Středisko je z daného hlediska významný uzel v dopravní síti se specifickým posláním.

- Atrakční obvod střediska je právě ta část dopravní sítě, ve které toto středisko plní své specifické poslání.
- Dopravní spojení je postupné přemístění kompletu po některé trase mezi dvěma uzly.
- Zásobník je objekt, patřící obvykle k uzlu nebo úseku, který slouží pro uskladnění a pobyt elementů nebo náležitostí.
- Akumulace je proces shromažďování elementů za účelem vytvoření soupravy.
- Dopravní proud je proces přemístování posloupnosti kompletů v některé části dopravní sítě.

Z hlediska metodologie uvažujeme řešení dvou problémů formulovaných v dopravních systémech (Tute, 1984).

- Deskriptivní, kdy se snažíme určit charakteristiky popisující vlastní dopravní proces. Znalost těchto charakteristik nám umožňuje posoudit potřebu změny současného stavu.
- Optimalizační, kdy hledáme parametry dopravního procesu, tak abychom dosáhli optimální hodnoty zvoleného kritéria.

3.1.1 Samoregulační principy dopravních systémů

Aby bylo možné dosahovat synergického efektu celého logistického systému, není možné dopravu využívat pouze jako intenzifikačního nebo iniciačního prostředku bez toho, aby sama doprava byla ve svých nákladech optimalizována. V zásadě je cílem optimalizačních metod a postupů na základě zvoleného kritéria minimalizovat náklady při zachování všech funkcí dopravního systému. Z exaktních vědních oborů jsou využitelné především metody popisované v operačním výzkumu, zejména (Svoboda, 2004):

- Metody teorie grafů, zejména metody optimální cesty a řešení kapacity sítí.
- Metody řešení lineárního optimalizačního modelu a distribučních modelů, zejména pro minimalizaci dopravních nákladů.
- Teorie front, zejména ve vztahu k řešení náhodných jevů při obsluze na dopravních sítích.
- Vícekriteriální analýzy variant, především při řešení rozložení dopravního proudu na dopravní síti.

Pro řešení logistických problémů je třeba definovat minimálně tři kritéria (Svoboda, 2004):

- Propustnost prvků dopravní sítě, kterými dopravní proud prochází, i dopravní sítě jako celku.
- Náklady na přemístění dopravního elementu jednotlivými prvky dopravní sítě (pravděpodobně prvek nejnáročnější).
- Limitující čas pro přemístění dopravního elementu, neboť se v minulosti stalo, že se podařilo najít optimum nákladové, ale přepravované zboží bylo dodáno po stanoveném termínu.

Klasické přístupy k řešení problémů vycházely z předpokladu náhodných jevů, že totiž do úzkého hrdla dopravní sítě vstupují dopravní jednotky s náhodně definovanými veličinami (Svoboda, 2004)

- intervalem vstupu;
- dobou průchodu dopravní jednotky úzkým místem dopravní sítě.

Tyto veličiny lze na základě statistických metod definovat jako parametry náhodných proměnných, tj. střední hodnotou a rozptyl, včetně definovaného rozdělení hustoty pravděpodobností (Svoboda, 2004).

3.1.2 Distribuční úlohy

Dopravní úlohy stejně tak i distribuční úlohy lze zařadit mezi modely lineárního programování. Pro jejich řešení je však používán specifický algoritmus, který ke svému řešení nevyužívá simplexovou metodu. Úlohy tohoto charakteru jsou využívány k optimálnímu přiřazení objektů k objektům jiným (výrobky, stroje, pracovníci – stroje, staveniště, funkce), k optimálnímu rozmístění objektů nebo ke stanovení posloupnosti míst v okružní síti, uvádí (Mainzová a kol, 2001; Šubrt a kol, 2015) mezi distribuční úlohy zařazuje úlohy:

- jednostupňové,
- dvoustupňové,
- přiřazovací,
- zobecněné,
- okružní,

- trasovací a další.

Stále vyšší nároky a požadavky zákazníků na flexibilitu a reakci firem rozdělují distribuční úlohy na statické a dynamické (Fiala a kol, 2010). Statické úlohy jsou takové, u kterých jsou informace o zákaznících a jejich požadavcích známy předem. V praxi ale dochází neustále ke změnám požadavků na distribuci zboží, a proto je zapotřebí reagovat i na nově přichozí požadavky, které musejí být zahrnuty do distribučního plánu a je tedy nutné využít dynamického přístupu pro nalezení optimálního řešení.

Využití dynamického přístupu ale vede k nárůstu přepravních nákladů, které se mohou pohybovat od 5 % do 30 % z hodnoty zboží. Stále vyšší náklady na distribuci zboží vedou k nezbytnému využití optimalizačních pro minimalizaci nákladů a nalezení nejvhodnějšího řešení. Optimalizační kritéria zahrnují nejen minimalizaci přejezdových vzdáleností, nákladů apod. ale i snížení negativního vlivu nákladní dopravy (Gros, 2015).

3.1.3 Okružní problémy

Velmi často využívaný je problém obchodního cestujícího (TSP – Traveling Salesman Problem), označovaný také jako okružní dopravní problém. Cílem tohoto modelu je nalézt posloupnost míst, ve které se každé z nich bude nacházet právě jednou a která má minimální náklady. Jednookruhový okružní dopravní problém je nejjednodušší okružní úlohou. Mezi další okružní dopravní úlohy se řadí například více okruhový okružní dopravní problém (Šubrt a kol. 2015). Okružní dopravní problémy lze rozdělit na dva typy podle charakteru cestní sítě, uvádí (Získal a kol., 2000). V problému s úplnou sítí cest se vyskytuje spojení mezi každými dvěma libovolnými obsluhovanými místy. Opačně v problému s neúplnou sítí cest nelze realizovat přímé spojení každé dvojice míst v libovolném směru. Hlavní nevýhodou okružních dopravních systémů je, že neexistuje obecný algoritmus k nalezení matematického optima pro libovolně velký počet obsluhovaných míst, protože počet možných řešení roste exponenciálně s počtem obsluhovaných míst. Proto se často využívají aproximační metody, např. metoda nejbližšího souseda nebo Vogelova aproximační metoda (Šubrt a kol, 2015). Okružní problémy lze formulovat jako optimalizační model následujícím způsobem:

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

za podmínek

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

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}, u_i, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

kde:

- n je počet uzlů,
- c_{ij} jsou cenové sazby – ohodnocení vzdáleností mezi místy i a j ,
- x_{ij} je binární proměnná ($x_{ij} = 1$, je-li trasa i - j použita, jinak $x_{ij} = 0$),
- u_i je pomocná proměnná vyjadřující pořadí místa v okruhu.

Omezující podmínky modelu musejí zaručit možnost obsluhy každého místa a tzv. Tuckerovy podmínky (4) zabezpečují, aby jednotlivá místa byla obsloužena právě jednou.

Přípustné a nepřípustné řešení jednookruhového okružního dopravního problému je patrné z tabulky 1. Tabulka obsahuje místa, jež je nutné navštívit, ta jsou označena písmeny A1 – A5. Dále obsahuje binární proměnné mezi každou dvojicí A1 – A5.

Nabývá-li hodnota těchto proměnných hodnoty jedna, bude mezi místy uskutečněna přeprava (jízda). Přípustné řešení obsahuje právě jeden okruh obsahující všechna místa, viz levá část tabulky, kde cesta prochází místy A1 – A3 – A2 – A4 – A5 – A1. V případě nalezení několika dílčích vzájemně nezávislých okruhů, se jedná o nepřípustné řešení. Tímto příkladem je pravá část tabulky, kde cesta probíhá ve dvou okruzích místy A1 – A2 – A3 – A1 a A4 – A5 – A4. (Jablonský, 2002)

Tabulka 1 Přípustné a nepřípustné řešení TSP

	A1	A2	A3	A4	A5
A1			1		
A2				1	
A3		1			
A4					1
A5	1				

	A1	A2	A3	A4	A5
A1		1			
A2			1		
A3	1				
A4					1
A5				1	

Zdroj: převzato Jablonský, 2002

Víceokruhový dopravní problém (VRP – Vehicle Routing Problem, MTSP – Multiple Traveling Salesman Problem) je rozšířený TSP, kdy je určitý počet m míst rozdělen mezi určitý počet n okruhů, které tato místa musí obsahovat právě jednou, přičemž se opět vyžaduje minimalizace dopravních nákladů. V praxi VRP nachází lepší uplatnění díky možnosti rozšíření problému o celou řadu dalších omezení, například kapacitních, vzdálenostních nebo časových, které vedou k nutnosti najít více. Obecně lze říci, že VRP je uvolněním problému TSP a pokud má vozidlo kapacitu ve VRP dostatečně velkou, je TSP a VRP stejným problémem. Všechny formulace a řešení pro TSP a VRP jsou poté použitelné a validní (Bektas, 2006)

Víceokruhové okružní dopravní problémy se vyskytují v různých podobách se změnami kapacitních, časových ale i jiných omezeních. Z těchto důvodů je nutné realizovat přepravu více než jedním okruhem, tedy rozdělením do více okruhů. Mezi nejčastější omezení jsou právě kapacitní, kdy dané vozidlo není schopné rozvést všechny požadavky v jediném okruhu, a termínové, kdy doručení zboží musí respektovat otevírací dobu. Při předpokladu všech stejných vozidel s kapacitou nižší, než je suma objemu požadavků, je třeba naplánovat několik okruhů. Každý okruh je určen pro jedno vozidlo a jejich začátek i konec se nachází v centrálním místě. Celkový objem požadavků necentrálních míst, nesmí být větší než kapacita vozidla a všechna necentrální místa musí ležet na jednom okruhu. Cílem je tedy rozdělit jednotlivá místa do okruhů tak, aby každý okruh zahrnoval centrální místo a splňoval kapacitní omezení při minimálních nákladech (Šubrt a kol., 2015). Víceokruhový okružní dopravní problém lze rozdělit na (Fábry, 2006)

- úlohu s jedním centrálním místem
- úlohu s více centrálními místy

Formulace modelu pro jedno centrální místo:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (6)$$

za podmíněk

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1j} = K \quad (9)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{i1} = K \quad (10)$$

$$u_i - u_j + px_{ij} \leq p - 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$x_{ii} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}, u_i \geq 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

kde:

- n je počet míst, měst, uzlů, které musejí být navštíveny,
- centrální uzel má číslo 1,
- c_{ij} ohodnocení vzdáleností mezi místy i a j ,
- x_{ij} je binární proměnná ($x_{ij} = 1$, je-li trasa i - j použita, jinak $x_{ij} = 0$),
- K je počet vozidel (okruhů),
- u_i je pořadí navštíveného místa i ,
- p je maximální počet míst, které může jedno vozidlo navštívit.

Omezující podmínky musejí garantovat navštívení každého místa pouze jednou. Zároveň stanoví že počet vozidel K vyrážejících z výchozího místa se vrátí zpět do výchozího místa.

Model opět obsahuje Tuckerovy podmínky předcházející vytváření smyček a zabraňující vytváření parciálních cyklů. Tedy že vozidlo může obsloužit maximálně počet p .

Pokud neznáme parametr p , je možné zamezit vytváření parciálních cyklů použitím soustavy omezujících podmínek.

$$u_i - u_j + (n - K) x_{ij} \leq n - K - 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 2, 3, \dots, n; i \neq j \quad (14)$$

3.1.4 Rozvozní dopravní úloha

Na stejném základu jako je dopravní okružní problém je vytvořen i rozvozní problém. Výhodou rozvozního problému jsou předem definované požadavky odběratelů a kapacity distribučních vozidel kapacita vozidel. Základní rozvozní úlohy jsou (Fábry, 2017):

- rozvozní úlohy s dělenou dodávkou,
- rozvozní úlohy s časovými okny,
- rozvozní úlohy s heterogenním vozovým parkem.

Výhoda heterogenní vozového parku je možnost efektivně přistupovat k rozvozovému plánu a maximálnímu vyřízení vozidel (HFVRP – Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem) (Boldacci a kol, 2007). Formulace tohoto modelu je následující (Fábry, 2017):

$$z = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_k c_{ij} x_{ij}^k \rightarrow \text{MIN} \quad (15)$$

za předpokladu

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n x_{ij}^k = 1, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (16)$$

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

$$\sum_{j=2}^n x_{1j}^k \leq p_k, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (18)$$

$$u_i + q_j - \bar{V}(1 - x_{ij}^k) \leq u_j, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K \quad (19)$$

$$u_i \leq \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K x_{ij}^k V_k, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

$$u_1 = 0 \quad (21)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K \quad (22)$$

$$u_i \geq 0, \quad \forall i = 2, 3, \dots, n \quad (23)$$

$$\bar{V} = \max_{k=1, 2, \dots, K} V_k \quad (24)$$

kde:

- n je počet míst, které musí být navštíveny, kde n_1 je centrální sklad,
- c_{ij} je ohodnocení přímého spojení z místa i do j ,
- x_{ij}^k binární proměnná (je-li spoj realizován $x_{ij}^k = 1$, jinak 0),
- K počet typů vozidel, které jsou k dispozici pro tvorbu okruhů,
- k každý jeden typ vozidla,
- p_k počet kusů vozidel typu k ,
- V_k kapacita vozidla typu k ,
- d_k nákladový koeficient odvozený od spotřeby vozidla,
- q_j požadavek j -tého zákazníka (poptávka uzlu),
- u_i, u_j je pomocná proměnná modelu zavedená pro bilanci nákladu vozidla.

Pro splnění správné funkce modelu musí být splněna podmínka, že celková suma požadavků musí být menší nebo rovna kapacitě vozidel, které jsou zahrnuty do modelu. Úlohu VRP s K typy vozidel ve výchozím depu s kapacitami V_k pro každý typ vozidla a s počtem vozidel p_k pro každý typ vozidla lze využít v případě, že platí:

$$\sum_{i=2}^n q_i \leq \sum_{k=1}^K p_k V_k \quad (25)$$

kde

- q_j požadavek j -tého zákazníka (poptávka uzlu),
- p_k počet kusů vozidel typu k ,
- V_k kapacita vozidla typu k .

Hodnota účelové funkce minimalizuje náklady s ohledem na ujetou vzdálenost a jednotkový náklad použitého vozidla. Při splnění podmínek, že každé místo může být navštíveno pouze jednou a každé vozidlo, které vjede do místa j z něj také vyjede. Použité vozidlo nesmí překročit svoji kapacitu. Výsledné řešení zahrnuje všechny rozvozní požadavky při sestavení optimální rozvozní flotily při minimalizaci tras a nákladů.

3.1.5 Kapacitně omezený rozvozní plán pro vozidla s alternativním pohonem

Otázka životního prostředí je dnes řešena ve většině průmyslových odvětvích, ve kterých má doprava vysoký podíl právě v oblasti celkové logistiky produktu. Proto je třeba minimalizovat tyto dopady sledováním míry znečištění životního prostředí, hluku a zkoumáním vlivu konkrétních typů dopravních prostředků ve snaze snížit energetickou a materiálovou náročnost logistiky (Lin a kol., 2014). Aplikací omezujících podmínek pro alternativní pohony do samostatného modelu VRP a následnou optimalizací tras s minimalizací celkově ujeté vzdálenosti lze snížit nežádoucí dopady na životní prostředí. Kapacitně omezený ekologický rozvozní problém (CGVRP – Capacitated Green Vehicle Routing Problem) může být variantou VRP doplněnou o vozidla s alternativním pohonem a doplněn o čerpací stanice pro vozidla s tímto pohonem (Normasari a kol., 2019). O následné optimalizaci modelu CGVPR lze uvažovat z pohledu minimalizace spotřeby paliva, například z pohledu časově závislého problému nebo v závislosti na zatížení vozidla (Normasari a kol., 2019). Model CGVRP může být tedy navržen, aby dokázal pokrýt

všechny známe požadavky zákazníků při minimálních nákladech a minimalizací ujeté vzdálenosti. Model je zaměřen na určování tras vozidel na alternativní palivo a na maximální časové omezení. Bude vytvořeno maximálně n okruhů vozidly, kde každé vozidlo uskuteční jeden samostatný okruh a jeho počáteční a konečnou stanicí bude centrální místo. Během okruhu navštíví množinu vrcholů zákazníků, případně mezi nimi podle potřeby čerpací stanici s alternativním palivem. Protože některé čerpací stanice mohou být navštíveny v různých okruzích, je model doplněn o kopie jednotlivých stanic (dummy uzly). Celková poptávka každé trasy nesmí překročit kapacitu vozidla a celkový čas strávený na trase nesmí překročit maximální délku trasy. Model CGVRP uvažuje o deterministickém a statickém problému. Předpokladem je konstantní rychlost jízdy a po návštěvě čerpací stanice naplnění nádrže (nabití baterie) vozidla na plnou kapacitu (Normasari a kol., 2019) Model je formulován následovně:

$$z = \sum_{i \in V', j \in V', i \neq j} d_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (26)$$

za předpokladu

$$\sum_{j \in V', i \neq j} x_{ij} = 1, i \in I \quad (27)$$

$$\sum_{j \in V', i \neq j} x_{ij} \leq 1, i \in F_0 \quad (28)$$

$$\sum_{j \in V', i \neq j} x_{ij} = \sum_{j \in V', j \neq i} x_{ij}, i \in V' \quad (29)$$

$$\sum_{j \in V' \setminus \{0\}} x_{0j} \leq m \quad (30)$$

$$t_j \geq t_j + (t_{ij} + p_j)x_{ij} - T_{max}(1 - x_{ij}), i \in V', j \in V' \setminus \{0\}, i \neq j \quad (31)$$

$$0 \leq t_0 \leq T_{max} \quad (32)$$

$$t_{0j} \leq t_j \leq T_{max} - (t_{j0} + p_j), j \in V' \setminus \{0\} \quad (33)$$

$$y_j \leq y_i - r d_{ij} x_{ij} + Q(1 - x_{ij}), j \in 1, i \in V', i \neq j \quad (34)$$

$$y_i = Q, j \in F_0 \quad (35)$$

$$y_j \geq \min\{r d_{j0} r(d_{jl} + d_{l0})\}, j \in I, i \in F' \quad (36)$$

$$u_j \leq u_i - q_i x_{ij} + C(1 - x_{ij}), j \in V', j \in V' \setminus \{0\}, i \neq j \quad (37)$$

$$0 \leq u_i \leq C, i \in V' \quad (38)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i \in V', j \in V' \quad (39)$$

kde:

- x_{ij} binární proměnná (existuje-li cesta z i do j $x_{ij} = 1$, jinak 0),
- d_{ij} délka této cesty,
- y_i stav paliva vozidla po návštěvě i -tého uzlu,
- u_i stav naložení vozidla v uzlu i ,
- t_j čas příjezdu do uzlu j .
- Q maximální kapacita paliva vozidla,
- r spotřeba paliva,
- T_{max} maximální čas trasy,
- t_{ij} doba jízdy z vrcholu i do j ,
- p_i doba služby u zákazníka, případně čas tankování,
- C maximální ložná kapacita vozidla,
- q_i požadavky zákazníků.
- v_0 je centrální místo,
- n počet zákazníků,
- s počet čerpacích stanic,
- m počet vozidel k dispozici,
- I množina všech zákazníků, $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$,
- I_0 množina všech zákazníků + centrální místo, $I_0 = \{v_0\} \cup I$,
- F množina všech čerpacích stanic $\{v_n + 1, v_n + 2, \dots, v_n + s\}$,
- F' množina dummy uzlů pro čerpací stanice z F ,
- $F_0 = \{v_0\} \cup F'$.
- V množina všech uzlů $V = \{v_0\} \cup I \cup F = \{v_0, v_1, \dots, v_n + s\}$,
- V' množina všech uzlů včetně dummy $V' = \{v_0\} \cup I \cup F'$,

Účelová funkce respektuje minimalizaci celkově ujeté vzdálenosti. Omezující podmínky zajišťují navštívení každého zákazníka pouze jednou a návštěvu čerpací stanice s alternativním pohonem také pouze jednou a zároveň zajišťují, aby se dané vozidlo vrátilo do výchozího místa, tedy aby nezůstalo na trase. Současně omezující podmínky reflektují časové termíny požadavků a celkovou dobu strávenou vozidlem na trase. Další podmínky sledují spotřebu alternativního paliva tak, aby se vozidlo mohlo bezpečně vrátit zpět do

výchozího místa při zachování maximální kapacity vozidla a minimalizaci využití vozového parku. Poslední omezující podmínka zajišťuje binaritu proměnných.

3.1.6 Mayerova Metoda

Mayerovu metodu je možno popsat jako přibližnou metodu sestavení okružních jízd s kapacitním omezením. Tato metoda řešení je vhodná pro okružní problémy s úplnou sítí cest a s centrálním místem (Brožová a Houška, 2008).

Předpokladem metody je symetrická matice vzdáleností mezi místy zahrnutými do řešení. Jednotlivá místa jsou uspořádána podle sazeb tras mezi těmito místy a centrálním místem. Místo s nejvyšší sazbou této trasy je v matici uvedeno jako první, centrální místo jako poslední. Dále je potřeba znát kapacitní omezení jednotlivých okruhů, což může být například kapacita vozidel.

Řešení probíhá ve dvou krocích.

1. V prvním kroku jsou místa rozdělena do jednotlivých okružních tras.
 - a. Nejprve se zařadí místo s největší vzdáleností od centrálního místa.
 - b. K již vybraným místům se přiřazuje další tak, aby nebyla překročena kapacita okruhu a aby toto místo bylo nejbližší již zařazeným místům. Další místa jsou přidávána stejným postupem tak dlouho, dokud není překročena kapacita okruhu.
 - c. Pokud je překročena kapacita okruhu, pokračuje se výběrem ze zbylých míst podle bodu a.
 - d. Tento krok končí, jsou-li rozdělena všechna místa.
2. Ve druhém kroku probíhá *řazení míst v jednotlivých trasách*. Pro nalezení nejvhodnějších okruhů mohou být použity metody pro řešení jednookruhového problému.

Trasy však bývají obecně upravovány na základě intuitivního rozhodování a znalostí člověka. K tomu je nezbytné znát rozložení a vlastnosti cestní sítě. Zároveň je nutné uvažovat i o objemu přepravovaného materiálu jednotlivými úseky.

3.1.7 Clarkeova-Wrightova Metoda

Výchozí krok Clarkeovy-Wrightovy metody pro nalezení vhodného okruhu spočívá v tvorbě všech elementárních tras $(V_0-V_i-V_0)$, $i = 1, \dots, n$.

V každé iteraci jsou podle jistého kritéria vybrány dvě možné trasy a sdruženy. (Pastor a Tuzar, 2007, str. 145-146). V první iteraci budou vybrány například trasy $(V_0-V_i-V_0)$ a $(V_0-V_j-V_0)$ a spojeny do jedné tzv. sdružené trasy $(V_0-V_i-V_j-V_0)$. Dvě trasy mohou být sdruženy jen tehdy, jestliže sdružená trasa bude vyhovovat podmínkám přípustnosti, což v našem případě znamená, že součet zátěže sdružovaných tras nesmí překročit kapacitu K . Snadno lze kontrolovat i splnění jiných globálních podmínek. Výhodnost nebo nevýhodnost sdružení obou tras je určena úsporou, která jejich sdružením vznikne. Tuto úsporu měříme tzv. výhodnostním koeficientem Z_{ij} podle vztahu:

$$Z_{ij} = (d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}) \quad (40)$$

kde Z_{ij} vyjadřuje rozdíl mezi součtem délek tras $(V_0-V_i-V_0)$ a $(V_0-V_j-V_0)$ a délkou sdružené trasy $(V_0-V_i-V_j-V_0)$. Metoda sdruží v každé iteraci postupu ty dvě trasy, které vykazují nejvyšší výhodnostní koeficient Z_{ij} , pokud je to možné s ohledem na přípustnost tohoto sdružení. Výhodou tohoto postupu je, že koeficient Z_{ij} závisí pouze na vzájemných vzdálenostech uzlů V_i , V_j a V_0 a nemění se, pokud je možné tyto dva uzly spojit. Ve všeobecnosti nemusí být síť úplná, to znamená, že chybějící prvky matice D mohou být doplněny délkou cest mezi jednotlivými uzly. Metodu můžeme zformulovat do několika kroků (Pastor a Tuzar, 2007, str. 145-146) (tabulka 2). Pro danou dopravní síť $S = (V, H)$ jsou potřeba následující údaje:

matici vzdáleností $D = \{d_{ij}\}$, kde i, j, \dots, n .

- C průměrná rychlost pohybu kompletu na síti (km/h),
- t_1 doba potřebná k naložení jednoho elementu z obsluhujícího kompletu (min.),
- t_2 doba potřebná k vyložení jednoho elementu z obsluhujícího kompletu (min.),
- T maximální doba pobytu kompletu mimo výchozí uzel V_0 (min.),
- K kapacita kompletu v kg,
- q_i jsou počty elementů, přepravovaných z uzlu V_0 do uzlu V_i (paletová místa).

1. Vytvoříme počáteční řešení, které představuje soubor elementárních tras $(V_0-V_i-V_0)$ pro všechny uzly $i = 1, \dots, n$ s uvedeným množstvím elementů a dobami přepravy (doplnit lze také doby výstupů elementů z kompletu).

Tabulka 2 Výchozí řešení Clarkeovy-Wrightovy metody

Trasa	Množství elementů	Doba přepravy
$V_0-V_1-V_0$	q_1	$\frac{2d_{01}}{C} + q_1t$
...
$V_0-V_n-V_0$	q_n	$\frac{2d_{0n}}{C} + q_nt$

Zdroj: převzato Pastor a Tuzar, 2007

- Z matice D odvodíme matici výhodnostních koeficientů $Z = \{Z_{ij}\}$, kde $i, j = 1, \dots, n$, podle vztahu $Z_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$, kde Z_{ij} , vyjadřuje rozdíl mezi součtem délek tras $(V_0-V_i-V_0)$ a $(V_0-V_j-V_0)$ a délkou sdružené trasy $(V_0-V_i-V_j-V_0)$.
- V matici Z najdeme největší kladný prvek Z_{ij} a zkontrolujeme, zda sdružená trasa $(V_0-V_i-V_j-V_0)$ je přípustná. Pokud přípustná trasa nevznikne, pak položíme $Z_{ij} = 0$ a přejdeme na krok (3), jinak krok (4).
- Pokud takový prvek neexistuje, skončíme. Aktuální množina okružních tras je výsledkem algoritmu. V opačném případě přejdeme na krok (5).
- Aktualizujeme množinu uzlů vyjmutím uzlů i a j , pokud sdružením tras přestaly být krajními uzly trasy. Položíme $Z_{ij} = 0$. Aktualizujeme množinu tras vyjmutím sdružených tras a vložení nové trasy. Současně aktualizujeme ostatní sledované parametry.
- Pokud není matice Z vynulována anebo pokud není zřejmé, že kapacity kompletů jsou vyčerpány a další řešení nemá smysl, a přejdeme na krok (3)

Výsledné řešení Clarkeovy-Wrightovy metody nemusí být optimální, jde o metodu hledání přibližného řešení. Pro nalezení lepšího řešení se doporučuje tento postup provést pro každý uzel v síti jako uzel V_0 a pak vybrat nejlepší ze získaných tras.

3.2 Distribuční logistika

Distribuční logistika je specifická činnost v logistickém řetězci, vedoucí k cílevědomému přemísťování věcí k uspokojování potřeb přemístění. Jde-li o distribuční logistiku, hovoříme o systému, který vykazuje specifické rysy (Svoboda, 2004):

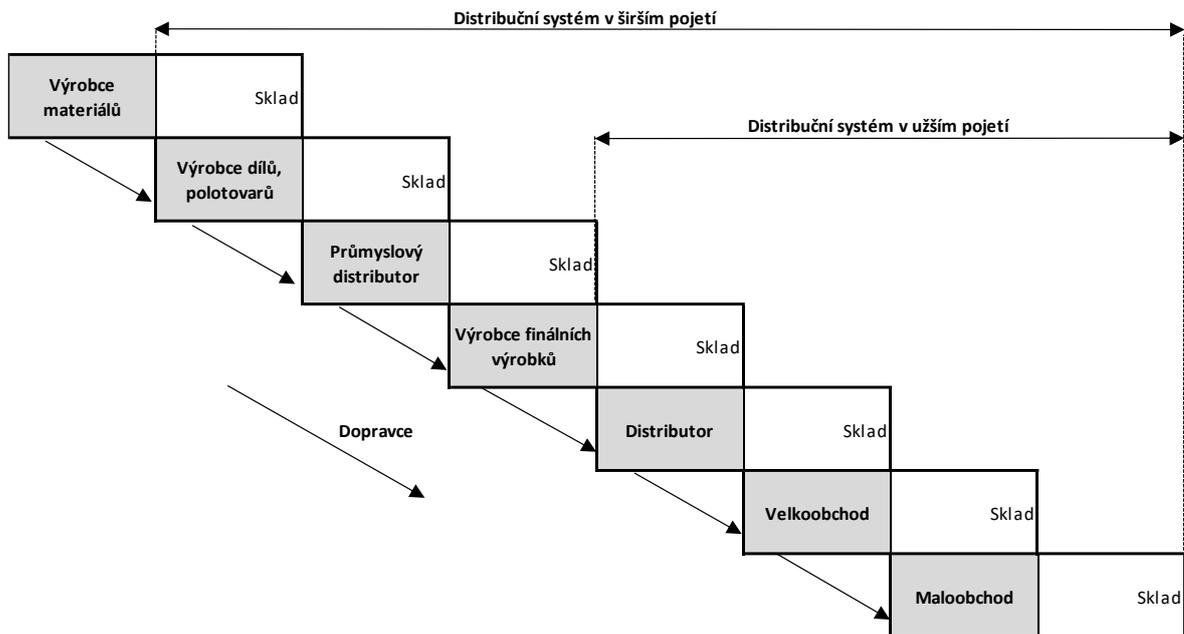
- Předně plní potřeby přemístění v logistickém systému tak, aby byl v nákladové oblasti vytvářen synergický efekt; znamená to, že se doprava nechová jako finální komerční činnost, ale jako činnost organicky včleněná do integrovaného distribučního systému.
- Za druhé sama sebe optimalizuje především vytvářením funkčních modelů obsluhy na základě využitelných exaktních a heuristických optimalizačních metod.

Asi nejvíce sledovanou oblastí je právě distribuční logistika ke koncovému uživateli, tedy oblast, kdy dochází k předání přepravovaného produktu příjemci, zde se plně projeví, zda celý logistický řetězec je funkční a poskytuje zákazníkům očekávanou kvalitu a zároveň zjistíme, zda je celý systém ekonomicky a provozně optimální a stabilní. V oblasti řešení problémů spojených s finálním doručением koncovým zákazníkům musíme rozlišovat tyto termíny: finální distribuce, distribuční systém, distribuční cesta, distribuční kanál, distribuční řetězec. V oblasti jednotlivých přístupů k distribuční logistice můžeme uvést definice základních pojmů od vybraných autorů:

- Za distribuční systém lze považovat jakoukoliv řadu firem nebo jednotlivců, kteří se podílejí na toku zboží a služeb od výrobce k finálním uživatelům nebo spotřebitelům (McCarthy, Perreault, 1995).
- Distribuční logistika je spojovacím článkem mezi výrobou a odbytovou částí podniku. Zahrnuje veškeré skladové a dopravní pohyby zboží k odběrateli (zákazníkovi) (Schulte, 1994).
- Distribuční kanál lze definovat jako souhrn organizačních jednotek, institucí či agentur uvnitř anebo vně daného výrobního podniku, které vykonávají funkce podporující marketing daného podniku (Cox, Schutte, 1969).
- Fyzický distribuční kanál je soubor metod a prostředků, pomocí nichž jsou výrobky nebo skupiny výrobků fyzicky dopravovány nebo distribuovány z místa výroby do místa, ve kterém jsou dostupné konečnému zákazníkovi (Rushton, Croucher, Baker, 2006).

- Fyzická distribuce je proces, který začíná ve výrobním závodě a kterým se zboží dostává od výrobce k zákazníkovi. Manažeři se snaží najít soubor velkoobchodů a přepravních cest, kterými by se vyrobené zboží dostalo na konečné místo určení v požadovaném čase a při nejmenších možných nákladech (Kotler, 2000).
- Fyzická distribuce se zabývá plněním úkolů spojených s distribucí výrobků přímým zákazníkům (Harrison, van Hoek, 2008).
- Distribuce zboží je proces rozdělování (eventuálně přidělování) a rozmístování zboží od výrobce k odběrateli spolu s poskytováním příslušných služeb. Pro toky výrobků směrem ke konečným zákazníkům (spotřebitelům) se používá termín fyzická distribuce (Pernica, 2005).
- Proces alokace a dopravy zboží různým stranám je část logistického řetězce, která je zodpovědná za pohyb zboží od dodavatele k zákazníkovi. Distribuční trasa jako trasa obchodní trasa, kterou společnost distribuuje zboží (ČSN EN 14943).
- Distribuci jako proces rozhodování o tom, komu, kam, jaké zboží a kdy výrobky a služby dodávat v logistickém systému (Gros, 2016).
- Distribuční systém v užším pojetí jako množinu fyzický prvků a lidí podílejících se na uskutečňování aktivit spojených s realizací toků zboží mezi výrobcí finálních výrobků a konečnými zákazníky (Gros, 2016).
- Distribuční systém v širším pojetí jako množinu fyzických prvků a lidí podílejících se na uskutečňování aktivit spojených s realizací toků zboží mezi prodávajícími a kupujícími v dodavatelském systému obecně (Gros, 2016) (obrázek 1).
- Distribuční řetězec jako soubor aktivit spojených s realizací toků zboží v distribučním systému (obr. 3.) (Gros, 2016).

Obrázek 1 Distribuční systém



Zdroj: převzato z Gros, 2016

Společným základem všech uvedených definic je vymezení působnosti jednotlivých subjektů v distribučním řetězci, které vykonávají jednotlivé aktivity při realizaci doručení zboží ke koncovému spotřebiteli (zákazníkovi). Distribuční logistika tedy vymezuje oblasti mezi výrobcí, poskytovateli logistických a distribučních služeb a koncovými uživateli výrobků nebo služeb. Poskytovatelem logistických služeb může být i výrobce, avšak v poslední době je spíše trendem poskytování logistických a distribučních služeb třetí stranou. V širším pojetí distribuce je za distribuci považován soubor činností spojených se zásobováním obecně, tedy i realizace hmotných toků mezi výrobcí a dodavateli surovin, dílů, komponent a výrobcí finálních výrobků (Pfohl, 1988).

3.2.1 Funkce distribuční logistiky

V distribuční logistice se vyskytuje mnoho subjektů a aktivit které spolu dohromady vytvářejí funkční distribuční systém a vzájemně se ovlivňují ať pozitivně tak negativně. Hovoříme-li o aktivitách, je nutné zahrnout všechny činnosti spojené s distribuční logistikou, mezi které lze zařadit výrobu, skladování, dopravu, operace spojené s manipulací zboží (nakládka, vykládka, uložení a zajištění zboží na přepravních jednotkách), informační toky a přenosy zabezpečené komunikace o stavu zásob, objednávek, fakturaci a manipulaci nebo prodeji (Brandimarte a Zotteri, 2007). Proto tedy očekáváme, že celý systém distribuční logistiky bude plynule navazovat v jednotlivých činnostech a bude všem subjektům poskytovat hodnotu, kterou očekávají (Gros, 2016). Mezi zásadní otázky, které bychom měli zmínit, je, zda je systém ekonomicky a provozně funkční a zda jej lze optimalizovat. V neposlední řadě je otázka, zda bude systém funkční i v případě, že dojde ke změně legislativy právě s ohledem na možné využití vozidel s alternativním pohonem. Distribuční logistika v poslední době čelí několika výzvám (Gros, 2016):

- Rozpor v sortimentu – stále více dodavatelů ve snaze zajistit si co největší obrat nabízí široký sortiment zboží, který ale nereflektuje jednotný obalový systém a v distribuční logistice se objevuje zboží různých rozměrů a hmotností.
- Problém lokace jednotlivých překladišť nebo terminálů – pokud by mezi sebou více spolupracovali jednotliví partneři mohli by omezit počet skladovacích prostor a zjednodušit systém překládkových terminálů.
- Problém optimalizace dopravy – poměrně vysoké náklady na dopravu zboží by mohly být sníženy využitím poskytovatele logistických služeb nebo distributora, čímž dojde zároveň k optimalizaci dopravních toků.
- Kapacita dopravních tras – optimalizací dopravy zboží lze snížit negativní vliv distribuční dopravy na vytížení hlavních dopravních tras.
- Zvýšené nároky na informační technologie a pokročilé integrace systému, které musejí v on-line režime přenášet informace a pohybech zboží, fakturaci a ostatní manipulaci se zbožím.
- Racionalizace a snižování pojistných zásob – při poklesu dopravních kapacit a problémech na pracovním trhu se projevuje na celkovém vytížení vozidel, a tedy na celkové efektivitě distribučního systému.

Zvyšující se nároky na distribuční logistiku mají i další ukazatele jako třeba skladovací ztráty, náklady na manipulační a přepravní obaly, reverzní logistiku obalů, náklady na komunikaci a administrativu.

3.2.2 Struktura distribučního systému

U distribučního systému hovoříme o délce a rozsahu (Gros, 2016), o horizontální a vertikální struktuře distribučního systému. V prvním případě jde o počet tzv. distribučních stupňů, počtu subjektů, kterými výrobek prochází od výrobce do místa finální spotřeby, ve druhém jde o počet partnerů na jednotlivých stupních. Z teoretického hlediska, lze najít různá uspořádání, typologie distribuční logistiky, sítě dané volbou uspořádáním přepravních cest mezi třemi základními skupinami účastníků distribuční logistiky, které lze rozdělit (Malindžák, 2007):

- Zdroje distribuovaných výrobků – zejména výrobci finálních výrobků, polotovarů, dílů.
- Subjekty plnící základní funkce distribuce – přepravci, distributoři, velkoobchodní organizace, poskytovatelé různých logistických služeb.
- Cílové destinace – prodejny, různé neziskové organizace (nemocnice, firmy poskytující různé služby, orgány státní správy) až po finální zákazníky, v širším pojetí to jsou i výrobní podniky.

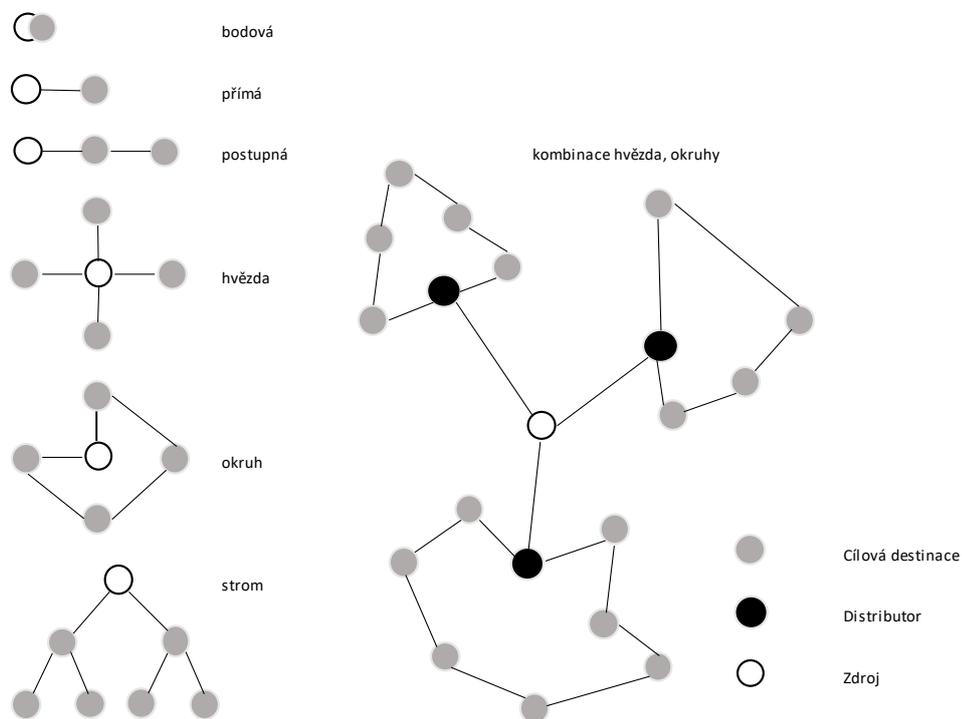
Cílem typologie distribučních systémů je vymezení distribuční oblasti, prostoru, ve kterém je třeba zabezpečit přepravu výrobků, dílů, surovin. Distribuční oblast je určena prvky, jejich vzájemnou polohou a vazbami mezi nimi. Je možné nalézt pět základních struktur (Waters, 2009; Gros, 2016, str. 93.) (obrázek 2):

- Bodová struktura – při distribuci v užším pojetí jsou výrobky vyráběny na místě jejich finální spotřeby a nedochází k jejich dopravě od výrobce k zákazníkovi.
- Přímá distribuční síť – výrobce dodává své výrobky většinou „šité na míru“ konečným zákazníkům. Výrobek je vyroben na objednávku a dopraven k jednomu zákazníkovi.
- Postupná distribuční síť – dopravce postupně rozváží od dodavatele jeho výrobky ve zvoleném pořadí do jednotlivých míst spotřeby, nebo sváží potřebné díly, výrobky, suroviny od jednotlivých dodavatelů k výrobcovi nebo zpracovateli.
- Distribuční síť typu „hvězda“ - přepravce přímo rozváží výrobky (nebo sváží) od zdroje individuálně jednotlivým zákazníkům a vrací se zpět pro další rozvoz.

- Distribuční síť typu „okruh“ - výrobky od distributora nebo výrobce jsou dopravovány postupně několika zákazníkům v jednom uzavřeném okruhu a vozidlo se vrací do výchozího místa.
- Distribuční síť typu „strom“ - charakteristická postupným větvením, nebo spojováním distribučních cest.

Uvedené základní typy je možné kombinovat. Například VRP je spojením několika okruhů.

Obrázek 2 Typologie distribučních systémů



Zdroj: převzato Gros, 2016

Podle fáze, ve které doprava v logistickém systému působí, rozeznáváme dopravu (Svoboda, 2006):

- Mezioperační (začleněnou do procesu výroby), která je často substituována manipulačními systémy – je prováděna na velmi krátkou vzdálenost často jen v rámci jednoho závodu nebo jedné dílny.
- Technologickou – mezi jednotlivými fázemi výroby, při aplikaci systémů specializace a kooperace výroby a dosahuje často značné přepravní vzdálenosti.

- Oběhovou – která se realizuje po dokončení finálního výrobku v distribučních procesech, obchodní logistice, případně zpětné logistice.

Přijmeme-li logistiku jako systémový přístup řízení oběhových procesů, vyplývá z toho, že dopravu lze v oběhových procesech charakterizovat jako systém se silnými iniciačními účinky na celý oběhový proces, či lépe na integrovaně řízený logistický systém.

Z toho vyplývá, že dopravu je nezbytné optimalizovat (Březina, Bínová, 2014):

- jednak optimalizací činností v logistickém řetězci;
- jednak optimalizací celkových nákladů logistického systému v synergickém efektu.

Logistická teorie uvádí dvě hlavní logistické technologie, jimiž se realizuje ekonomická intenzifikace dopravy na logistickém řetězci (Pernica, 1998, str. 65)

- Technologie předem stanovených dodávek v čase a množství, běžně označovaná jako technologie Just in Time (JIT), která je typickým případem systémového přístupu založeného na kvalitní spolehlivé a kapacitní dopravě. Uplatňuje se především ve fázích výroby, kdy se tímto způsobem dodávají materiály a komponenty pro navazující fáze výroby prakticky bez zásob.
- Technologie centralizace skladů, které jsou přimknuty k vhodným dopravním systémům tak, že i když vzroste objem dopravní práce, minimalizují se celkové náklady, které ve skladovém hospodářství tvoří kapitálové náklady, zejména na udržování zásob, odpisy zařízení a náklady na mzdy vyššího počtu zaměstnanců nutného pro provozování plošně rozptýlených menších skladů.

Definujeme dále pojem *logistická obsluha území* jako obslužnou činnost potřebnou jak k zásobování obyvatel, tak k podnikání (zejména malého a středního), které nevytváří hromadné, směrově uspořádané zásilky, je však jedním ze základů zaměstnanosti v regionech.

Tento problém byl v nedávné minulosti řešen globálně v řadě států od vyspělých po méně rozvinuté. Vznikly v zásadě dva problémy (Svoboda, 2004, str. 8):

- Řešit obsluhu oblastí, které inklinují k určitému hospodářskému centru na základě analýzy spotřeby a produkce v malém a středním podnikání.

- Řešit obsluhu velkých měst, ve kterých se objevuje řada omezení pro rozvoj dopravních systémů z důvodu jednak ochrany životního prostředí, jednak řady dopravních omezení vzniklých městskou zástavbou.

Byly vyvinuty zejména dvě technologie zásadně řešící uvedené problémy:

- Technologie Hub and Spoke, která řeší logistickou obsluhu území, inklinujícího k určitému hospodářskému centru. Je založena na existenci logistických center a dvou dopravních systémů: systému vnější dopravy, jímž centra komunikují mezi sebou, a systému vnitřní dopravy, který zabezpečuje dopravní obsluhu zákazníků uvnitř regionu.
- Technologie Gateway, která řeší otázku obsluhy měst.

3.2.3 Prvky distribuční logistiky

Pro nalezení vhodné distribuční cesty využívají výrobci řadu organizací, které jsou schopné plnit funkce částečně nebo zcela pro zajištění dodávky zboží nebo služby od výrobce ke konečnému spotřebiteli. Mezi hlavní prvky distribuční logistiky lze zařadit (Waters, 2009):

- Velkoobchody, které plní klasickou roli komplementační logistiky a pomáhají tak překonat problém s objednáváním zboží od více výrobců. Zároveň tak jsou schopny vyřešit problém mezi výrobcem a spotřebitelem z hlediska četnosti distribuce. Výrobci usilují o minimalizaci dodávek, zatímco spotřebitelé usilují o častější frekvenci distribuce s ohledem na omezení skladové kapacity konečného spotřebitele nebo maloobchodu. V neposlední řadě tak velkoobchody umějí vyrovnat sezonní výkyv poptávky nebo surovin. Ekonomická funkce velkoobchodů je postavena na skutečnosti, že nákupem zboží od výrobců ve velkých množstvích dosahují nižší ceny, ke kterým připočítávají při prodeji marži schopnou pokrýt jejich náklady a realizovat přiměřenou míru zisku.
- Maloobchody, které plní roli kvalitního prodejního místa pro konečné zákazníky. Lokace maloobchodů je závislá na koncentraci obyvatelstva. Z pohledu logistiky je zajímavá orientace na specializované prodejny, nebo multifunkční nákupní centra.
- Poskytovatelé logistických služeb, kteří se orientují na specializované činnosti spojené s distribucí zboží. Tedy skladování, kompletace, služby s přidanou hodnotou a distribucí zboží pomocí distribuční sítě.

- Zasilatelské firmy, které se specializují na pouze dopravní služby. A na základě požadavku ze strany klienta optimalizují celý proces, snižují dopravní náklady a přebírají odpovědnost za zboží pouze během přepravy.
- Zprostředkovatelské firmy, které se specializují pouze na některé činnosti v distribuční logistice. Zpravidla se zbožím nemanipulují a nenesou za něj odpovědnost, ale pouze za úplatu zprostředkovávají vybrané činnosti.

3.2.4 Cíle distribuční logistiky

Cílem distribuční logistiky je tedy maximalizovat efektivnost procesů. K tomu je zapotřebí, aby byl vytvořen řídicí systém, který optimalizuje všechny činnosti oběhového procesu (Svoboda, 2004).

Distribuční logistika je zejména ovlivněna těmito faktory:

- kapacitou dopravních prostředků,
- kapacitou dopravních uzlů, dopravních sítí,
- legislativním omezením.

Distribuční procesy v logistickém systému budou funkční, budou-li při dokonalé funkci informačního systému ve vzájemné proporcionalitě tři faktory (Svoboda, 2004):

- Logistická objednávka dopravy – klade nároky na technologické kapacity dopravní soustavy, rozložené na jednotlivé druhy dopravy podle dále popsané metodiky interakcí mezi kvalitativními charakteristikami dopravy a vlastnostmi přepravovaného zboží. Určuje kvalitativní úroveň přepravy, která zpětně ovlivňuje, jak dále uvidíme, technologickou kapacitu dopravy.
- Technologická kapacita dopravy – ovlivňuje logistickou objednávku dopravy, je-li předem dána kvalita přepravy, neboť je-li technologická kapacita dopravy dostatečně vysoká, může při stanovené kvalitě snižovat až minimalizovat potřeby kapacit ostatních činností oběhového procesu, zejména skladování a manipulaci.
- Kvalita přepravy – s ohledem na to, že produkt dopravy (užitečný efekt přemístění – přeprava) není skladovatelný a vznik nároků na dopravu lze charakterizovat jako stochastický ovlivňovaný řadou faktorů statického i dynamického charakteru, je pro vyšší kvalitu přepravy nutné zabezpečovat větší rezervy technologické kapacity,

v opačném případě požadavek kvality omezuje nabídku (logistickou objednávku dopravy).

V logistickém systému (na logistickém řetězci) lze definovat působení dopravy jako (Waters, 2009):

- Rozvojové – následkem rozvoje druhů dopravy nebo jejich kombinace v dopravní soustavě je dán impuls k určitým pozitivním směrům rozvoje logistického systému.
- Útlumové – oblasti, na jejichž úkor probíhají rozvojové procesy způsobené druhem dopravy, dopravní soustavy nebo opatřením dopravní politiky, jsou utlumovány.
- Indiferentní – doprava není rozvojovým ani útlumovým faktorem.

Z pohledu funkce distribuční logistiky jsou řešeny následující vlastnosti (Gros, 2016):

- schopnost dopravy vytvářet distribuční sítě, zabezpečit dopravu do libovolného místa,
- schopnost přepravit libovolné množství zboží,
- schopnost včasné dopravy,
- schopnost pohodlně dopravit zboží s použitím vhodného dopravního prostředku,
- schopnost plynulého dopravního výkonu,
- schopnost dodatečných služeb (manipulace),
- schopnost snižovat náklady na přepravu.

Některá kritéria pro stanovení kvality doručení zásilky mohou být přesně měřena (Novák, 2013, str. 345), například:

$$\text{včasnost dodávky} = \frac{\text{počet objednávek dodaných včas}}{\text{všechny přijaté objednávky}} * 100 (\%) \quad (41)$$

$$\text{úplnost dodávky} = \frac{\text{počet kompletně dodaných objednávek}}{\text{všechny přijaté objednávky}} * 100 (\%) \quad (42)$$

3.2.5 Optimalizace distribuční logistiky

Cílem dnešní moderní dopravy je rychlost a spolehlivost doručení zásilek spolu s využitím vozidel zejména v oblasti vytížení vozidel a dosažení celkové ekonomické stability. Možné problémy ukazují omezenou schopnost dopravních společností správně definovat

transportní náklady a specifikovat složení vozového parku v závislosti na požadavcích jednotlivých odběratelů zboží. Vzhledem k tomu, že logistické procesy jsou ovlivňovány jednak chováním zákazníků a jejich objednávkami, jednak situací, v níž doručování probíhá, má distribuční logistika náhodný charakter.

Strategická opatření, která snižují dobu přepravy nebo nejistotu v dopravě, umožní podnikům snížit své pojistné zásoby při stejné úrovni služeb nebo dokonce zvýšení stávající úrovně služeb. Přepravní požadavky rostou s potřebou moderní společnosti a dnešní nákupní trendy jsou posunuty do oblasti on-line nakupování, kde zákazník zpravidla očekává rychlé doručení zásilky na adresu bydliště (Pilík, Juříčková a Kwarteng, 2017).

S rostoucím nárůstem po přepravní kapacitě se zvyšují negativní vlivy silniční nákladní dopravy v oblasti životního prostředí zejména škodlivin a nárůstu hluku v městských aglomeracích (Cattaruzza a kol., 2017). Jednou z možností řešení tohoto problému je nalezení ideální trasy vozidla jako jednoho z faktorů pro zvýšení efektivity v distribuci zboží.

Spotřebitelé si velmi rychle zvykli udržovat pouze minimální nebo žádné zásoby, protože očekávají doručení v krátké době zpravidla do 24 hodin od objednání. Tím pádem jsou přepravní společnosti nuceni investovat do více vozidel s rozdílnou kapacitou. Protože vyšší pořizovací náklady budou muset dopravci promítnout do finální ceny za doručení zboží, konečná výše investice do nových vozidel přinese i změnu v chování spotřebitele.

Abychom docílili lepšího chování spotřebitelů a tím docílili větší efektivity v nákladech na doručení můžeme využít model EOQ (Economic order quantity). Jedná se o jeden z nejvíce diskutovaných modelů v produkční logistice (Khan a kol., 2011, Harris, 1913) pro zvýšení spolehlivosti celého systému. Model EOQ je jeden z nejstarších modelů. Základní myšlenku modelu představil v roce americký ekonom Ford W. Harris v roce 1913.

Analýza nákladů a přínosů modelem EOQ využívá koncepty od ekonomické teorie ke změně zlepšení efektivity distribuční dopravy a snížení negativního vlivu, který moderní způsob dopravy sebou přináší (Graham, Gibbons, 2019). I když může být každá realizace poptávky nahodilá, model EOQ počítá vždy s roční poptávkou. Cílem modelu je snížení operativních logistických nákladů. Obecná formulace modelu EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{h}} \quad (43)$$

kde:

- Q^* optimální objednávané množství,
- D poptávka – celkové roční množství,
- K fixní náklady na objednávku,
- h celkové roční náklady na jednotku zboží.

Obecný vzorec EOQ platí pouze pokud je poptávka konstantní po celý rok, tedy očekáváme že každá další objednávka je doručena v plné výši. Pro každou objednávku musí být zadány fixní náklady. Cílem modelu EOQ je minimalizovat celkové náklady na zásoby a určit optimální velikost objednávky (Kundu a Staudacher, 2016). Vyšší míra spolupráce logistických operátorů, producentů a odběratelů zboží může vést ke optimalizaci nákladů a zároveň efektivnímu využívání přepravních kapacit na základě modelu EOQ, případně jeho modifikací pro optimalizace daného problému. Zcela zásadní význam pro správné definování problému, konstrukce modelu EOQ a jeho následná modifikace pro využití v silniční dopravě, je nastavení systému, aby vyhovoval všem stranám, které se podílejí v rámci logistického řetězce (Husinec, Šubrt, Fejfar, 2020). Celkový přínos pro společnost je tedy snížení přepravního času a zvýšení spolehlivosti dopravního systému a snížení nákladů.

Model EOQ má řadu modifikací. Asi nejznámější modifikací modelu EPQ (Economic Production Quantity), který zohledňuje jak denní poptávku produktů, tak denní produkci. Další známou modifikací modelu EOQ je „Japonská Produkce“, praktický přístup zaměřený na velikost objednávky a doby výroby nebo přípravy objednávky (Schonberger, 1982) nebo zavedení zásad jako jsou Just-in-time (JIT), založeném na produkčním přístupu „Pull Production“ (Abdulmalek, Rajgopal, 2007) a okamžité distribuci finálních výrobků zákazníkům. Pokud výroba nebo příprava objednávky nemůže okamžitě reagovat na poptávku zákazníků vzhledem k delším dodacím lhůtám nebo možným výpadkům ve výrobě, je nutné mít procesy doručení zboží předem naplánované třeba pomocí „Push systémů“ (Monden, 2011). V tomto případě se ale zvýší náklady výrobních procesů, náklady na zásoby zboží a celkové logistické náklady. Pomalejší nebo nevyvážené

objednávky pak přinášejí do celkového systému více nákladů na realizaci opětovné objednávky.

Pro celkovou identifikaci nákladů a jejich pochopení musíme nejprve definovat vlastníka celého procesu a definovat jednotlivé logistické náklady. Zásadním problémem je vždy minimalizace celkových nákladů včetně příslušných přepravních nákladů s ohledem na velikost zásilky a s ohledem na to, že velikost zásilky nesmí přesáhnout kapacitu vozidla. Roční přepravní kapacita musí pokrývat minimálně roční poptávku. Mezi hlavní distribuční náklady řadíme tyto:

1. Transportní náklady – jedná se celkové náklady spojené s doručením zboží. Tedy nejenom náklady mezi skladem a odběratelem ale i náklady mezi dodavatelem a skladem. Transportní náklady jsou ovlivněné snahou o maximální využití vozového parku pro distribuci zásilek a variabilitou použitých vozidel.

Abychom mohli definovat celkové přepravní náklady, definujeme následující parametry vzorce pro výpočet nákladů (TC) při jedné nakládce a vykládce:

$$TC = (T_n * P_t) + (T_p * P_t) + (L_1 * P_r) + (L_0 * P_r) + A_c \quad (44)$$

Výpočet nákladů (TC_c) při kombinaci jedné nakládky a více vykládek:

$$TC_c = \left((T_{n1} * P_t) + (T_{p1} * P_t) + (L_1 * P_r) \right) + \left((T_{n2} * P_t) + (T_{p2} * P_t) + (L_{12} * P_r) \right) + \dots + \left((T_{nx} * P_t) + (T_{px} * P_t) + (L_{n-1,n} * P_r) \right) + (L_0 * P_r) + A_c \quad (45)$$

kde:

- T_n neproduktivní čas (čekání na nakládku, vykládku, povinné přestávky),
- T_p čas potřebný pro nakládku a vykládku vozidla,
- L_{ij} doručovací vzdálenost do místa $i, j, \dots n$. v km,
- L_1 vzdálenost z nakládacího depa do první vykládky,
- L_0 vzdálenost z poslední vykládky zpět do nakládacího depa,
- P_r sazba za km vozidla (variabilní v závislosti na použitém typu vozidla),
- P_t sazba za jednotku času,
- A_c celkové administrativní náklady.

Při těchto výpočtech zohledňujeme transportní plány pro jednotlivé úseky, které obsluhují jednotlivé klienty při kombinované vykládce. V důsledku toho neklademe důraz na optimalizaci dopravní trasy, nýbrž pracujeme s již známými vzdálenostmi mezi klienty.

2. Manipulační náklady – náklady spojené s přípravou zboží. Mezi manipulační náklady patří náklady spojené s příjmem zboží z výroby, náklady spojené se zaskladněním zboží, náklady na balení zásilky, přípravy pro expedici a na administraci. Z hlediska dělení nákladů se jedná o variabilní náklady, které významně může ovlivnit operativní řízení.

Vzorec pro výpočet nákladů (OC) kompletace pro jednu zásilku v případě sjednocených sazeb práce:

$$OC = ((T * P) + (T_m * P) + A_c + O_c) \quad (46)$$

kde:

- T čas potřebný pro příjem zboží a zaskladnění,
 - T_m čas potřebný pro přípravu objednávky,
 - O_c ostatní náklady spojené s přípravou objednávky,
 - A_c celkové administrativní náklady,
 - P sazba za hodinu práce.
3. Skladovací náklady – náklady spojené s uskladněním zboží, tedy náklady spojené pronájmem prostoru, investicí do regálového systému, energií a udržovacími náklady (kontrola uskladněného zboží). Skladovací náklady WC (Warehouse Costs) souvisejí jak s uložením zboží v regálovém systému, tak při uskladnění na volné ploše a s náklady manipulační techniky. Součástí skladovacích nákladů jsou i náklady manipulačních ploch, které se využívají pro kontrolu, přípravu nebo manipulaci zboží. Náklady expediční plochy lze započítat do ostatních manipulačních ploch. Z hlediska dělení nákladů se jedná spíše o fixní náklady, které významně můžeme ovlivnit optimalizací uložení nebo změnou konstrukce regálového systému. Vzorec pro výpočet nákladů skladovacích nákladů (WC – warehouse costs):

$$WC = (T_w * P) + (Q_{rs} * P_c) + (Q_{fp} * P_f) + O_c \quad (47)$$

kde:

- T_w čas potřebný pro zaskladnění, vyskladnění zboží ke kompletaci objednávky,
- O_c ostatní náklady (manipulační technika, energie atd.),
- P_c sazba za uložení v regálovém systému,
- P_f sazba za uložení na volné ploše,
- P sazba za hodinu práce,
- Q_{rs} množství zboží uskladněné v regálovém systému,
- Q_{fp} množství zboží uskladněné na volné ploše.

4. Náklady na pojistné zásoby – náklady na záměrně vytvořené části zásob, které slouží ke krytí mimořádných výkyvů v poptávce. Náklady na pojistné zásoby závisí na jejich velikosti. Vzorec pro výpočet pojistné zásoby σC je:

$$\sigma C = \sqrt{\bar{R}^2 * (\sigma S^2) + \bar{S}^2 * (\sigma R^2)} \quad (48)$$

kde vzorec pro výpočet směrodatné odchylky prodeje (σS) je:

$$\sigma S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n - 1}} \quad (49)$$

kde:

- σC pojistná zásoba potřebná k uspokojení 68% pravděpodobnosti (jedna směrodatná odchylka), že během cyklu nedojde k vyčerpání zásob,
- \bar{R} průměrný cyklus doplnění zásob,
- σR směrodatná odchylka cyklu doplnění zásob,
- \bar{S} průměrný denní prodej,
- σS směrodatná odchylka průměrného denního prodeje,
- S_i denní prodej ve dni i ,
- \bar{S} střední hodnota denních prodejů,
- n počet dnů pozorování.

3.2.6 Rizika distribuční logistiky

Pro zajištění maximální efektivity distribuční logistiky reprezentované na jedné straně logistickými společnostmi a na druhé straně zákazníky musíme definovat rizika, které mohou výrazně ovlivnit celkovou kvalitu služby a negativně ovlivnit ekonomické zhodnocení celého systému. Zároveň musíme přihlédnout i k celospolečenskému zájmu, kdy doprava ovlivňuje kvalitu života a prostředí. Tento celospolečenský zájem by měl být přesně formulovaný státní dopravní politikou a celkovou koncepcí nákladní dopravy s dopadem na distribuční logistiku. Abychom mohli míru uplatnění tohoto kvalitativního efektu vyjádřit a posoudit tak nabízené služby (produkty), je nutné hodnotit kvalitu dopravy jako funkční prvek logistického systému (Ashton, 1966). Charakteristické vlastnosti dopravy ve vztahu k racionalizaci logistického procesu při zachování vztahů mezi funkční efektivností dopravy a vlastnostmi zboží dle (Ashton, 1966) jsou:

- Schopnost dopravy vytvářet sítě a zabezpečovat dopravní obsluhu libovolného místa v osídlení je jedním z předpokladů fungování oběhových procesů, jejichž výsledným efektem je zabezpečení spotřeby vyrobené produkce. V této oblasti lze použít modifikované metody alokačního problému, který lze v zásadě popsat pomocí vymezené dopravní sítě, zobrazené rovinným orientovaným a ohodnoceným grafem typu síť $G = (V, H)$, kde H je množina dopravních úseků (hran) a V množina uzlů, ve kterých se dopravní úseky spojují, rozdělují. Na této dopravní síti máme rozmístit sklady pro zásobování kooperujících závodů nebo obchodní sklady, tak aby na dopravní síti byla respektována propustnost hran a uzlů, která vymezení současně velikost skladů a odpovídající velikost a intenzitu dodávek za jednotku času.
- Schopnost dopravy přepravovat libovolně velké či libovolně malé množství, kdy je optimální velikost obvykle závislá na volbě nejen druhu dopravy, ale i na volbě dopravního prostředku.

Z hlediska logistických přístupů není možné tyto vlastnosti vyhodnotit samostatně, ale vždy v kontextu s dalšími vlastnostmi, obvykle s četností, rychlostí a pravidelností dodávek, velikostí nákladů na přemísťování v závislosti na snižování velikostí dodávky a zvyšování frekvence, rychlosti a pravidelnosti dodávek (Ashton, 1966). Ve vztahu k optimalizaci procesů na konkrétním materiálovém toku by přepravní množství nemělo

být limitující prvkem (Brandimarte a Zotteri, 2007). Rychlost přepravy ovlivňuje jako jedna z komponent logistického řetězce velikost kapitálových nákladů na udržování zásob. Je proto žádoucí, aby z pohledu oběhových procesů byla přepravní rychlost co nejvyšší, tj. doba, ve které je zboží „uskladněno“ v dopravním prostředku co nejmenší. Z hlediska vlastností zboží již není tento požadavek zcela vyhraněn, neboť na jedné straně existují zásilky, které pro své přepravní vlastnosti (např. zkazitelnost ovoce, zeleniny a dalších potravinářských výrobků, přirozený úbytek hmotnosti zásilky během přepravy) nebo organizaci výroby (např. technologie kooperované výroby) požadují velmi rychlou přepravu, na druhé straně jsou zásilky, kde z hlediska přepravní způsobilosti nemusí být rychlost přepravy vysoká (pak je spíše hodnocena pravidelnost dodávek). Z logistického hlediska je pak potřebné stanovit optimální přepravní rychlost minimalizací součtové nákladové funkce, stanovené v závislosti růstu ceny za přepravu při rostoucí rychlosti a poklesu ztrát z vázanosti kapitálových nákladů případně dalších ztrát způsobených prodloužením doby přepravy (Brandimarte a Zotteri, 2007).

Stupeň jistoty dopravního výkonu je charakterizován zejména třemi atributy (Brandimarte a Zotteri, 2007):

- determinací časového údaje dodání zásilky, včetně tolerančního pásma, ve kterém se smí determinovaný údaj pohybovat,
- četností dodávek (spojů) za jednotku času (nejčastěji za den nebo týden),
- pravidelností dodávek (dodržení sjednaného cyklu).

Pro řešení optimalizace logistických procesů jsou rozhodující zejména četnost a pravidelnost dodávek. Čím četnější a pravidelnější doprava, tím nižší mohou být skladovaná množství surovin a materiálů.

Bezpečnost dopravního výkonu je daná optimální volbou druhu dopravy vzhledem k vlastnostem zboží a přepravnímu balení. Pro optimalizaci oběhového procesu na konkrétním materiálovém toku je rozhodující kombinace typu logistických činností a přepravního balení. Optimální typ je nutné určit většinou experimentem nebo empirickým vyhodnocením statistických souborů obalové techniky a poškození zásilek v závislosti na druhu dopravy a technologii změny dopravního prostředku. Závažnou úlohou je zde nutné přisoudit multimodální, respektive kombinované dopravě, kde přepravní jednotka tvoří

současně přepravní obal zásilky a při tom zrychluje manipulaci při změně druhu dopravy (Ashton, 1966).

Možnosti dosažení a použití dopravního prostředku má z logistického hlediska vliv především na skladové hospodářství. Čím lepší je dosažitelnost dopravního prostředku, tím lepší jsou podmínky pro četnější obsluhu a minimalizaci skladových ploch. Přepravní služby poskytované dopravním podnikem budou vždy realizovány v různé kvalitě v závislosti na konkrétní situaci. V optimálním případě poskytuje dopravce svým zákazníkům další doplňkové služby tak, aby zákazník obdržel komplexní přepravní služby z domu do domu v požadované rychlosti, spolehlivosti, periodicitě a bezpečnosti. V souvislosti s problematikou kvality přepravních služeb, výběrem optimálního dopravního systému v integrovaném systému oběhu a následně výběrem konkrétního dopravce přepravcem má důležitý význam rozsah a kvalita nabídky poskytování dalších souvisejících služeb. Škála poskytovaných doplňkových služeb dopravcem je široká a závisí především (Ashton, 1966):

- na vlastnostech zboží (zda přepravované zboží tyto služby potřebuje),
- na požadavcích na informační toky (poskytování informací o stavu a místě zásilky v procesu přemístění),
- na konkrétních specifických potřebách uživatelů dopravy.

Tyto a další služby mají pro optimalizaci oběhového procesu různou váhu a je nutné zdůraznit, že ovlivňují především podnikové náklady na materiálové toky. Jednou z nejdůležitějších takových služeb je služba spediční, která uživateli poskytne komfort odbavení zásilky z domu do domu, včetně celní deklarace a účetně finančních operací a zákazník má možnost jednat pouze s jedním smluvním partnerem i při případné nutnosti kombinace druhů dopravy.

3.2.7 Legislativní omezení distribuční logistiky

Distribuční logistika musí zohledňovat legislativní omezení pro pohyb v distribuční síti tedy dopravní obslužnost daného místa a omezenou pracovní dobu řidiče (Machačka a Machačka, 2015).

- Pracovní dobu řidiče obsahuje nařízení (ES) 561/2006 a nařízení (EU) 165/2014

Nařízení 561 stanovuje pravidla pro doby řízení, přestávek v řízení a doby odpočinku řidičů. Nařízení 165 definuje technické podmínky záznamového zařízení, které sleduje pracovní dobu řidiče (ES 561, 2006; EU 165, 2014).

- Vyhláška č. 153/2023 Sb. o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (Vyhláška č. 153, 2023).
- Zákon č. 56/2001 Sb., o provozu na pozemních komunikacích stanovuje technické požadavky vozidel v aktuálním znění. (Zákon č. 56, 2001).

3.2.8 Efektivní distribuční plán

Vytvářením efektivního plánu distribuční dopravy bychom měli zajistit celkovou efektivitu rozvozu, tak abychom dosáhli maximální kvality a minimalizovali náklady technické, materiální a peněžní (Gross, 1996)

S využitím efektivního plánování lze dosáhnout maximálního využití pracovní doby řidiče a minimalizovat ekonomické náklady na distribuci zboží, která je důležitá pro ekonomickou stabilitu celého distribučního systému. Aby nedošlo k výraznému nárůstu nákladů při změně distribučního konceptu s využitím vozidel s elektrickým pohonem, je potřeba navržení takového umístění nabíjecích stanic, které nebude nový systém zatěžovat neefektivním časem při nabíjení, ale přinese optimální využití vozového parku a efektivní využití pracovní doby řidiče. Součástí efektivního plánování je nejenom aktualizace doručovacích adres a ale i aktualizace nabíjecích míst, která se může jak pozitivně, tak negativně ovlivnit celkovou efektivitu logistických procesů. Nedílnou součástí bývá i zvolení vhodné distribuční sítě. Jednotlivé distribuční sítě jsou propojeny dodávkami v ucelených kompletech, které se přepravují do vzdálených uzlů v jiných sítích, aby zde mohly být přeloženy a doručeny v rámci distribuční sítě daného uzlu (Husinec, 2015).

Proto, abychom mohli efektivně plánovat, musíme mít relevantní data, která obsahují všechny potřebné informace. Ta je potřeba pravidelně aktualizovat na základě měnících se podmínek. Někdo by mohl namítnout, že v dnešní době pokročilých informačních technologií a on-line přenosech by měla být data aktuální. Avšak opak je pravdou. Mnohdy neaktualizovaná data přinášejí pro společnosti dodatečné výdaje na rozvoz, tím se zvyšují náklady, samozřejmě klesá výkonnost a požadovaná kvalita (Husinec, 2015)

Hlavní problémem distribuční logistiky je, že pracuje s nepravidelnými elementy, tím je tato služba náročnější při celkovém procesu plánování. Součástí distribuční sítě jsou i vozidla dopravující elementy pouze v atrakčním obvodu uzlu. Opakují se jízdy těchto vozidel

přinášejí výhodu znalosti koncových adres a zvyšují efektivitu při doručení (Husinec, 2015). V opačném případě dochází ke snižování efektivity a doručovacího času při hledání adresy a tím vznikají vícenáklady na opětovné doručení v rámci distribuční sítě.

Vzhledem k této nepravidelnosti se tedy jedná o nejnáročnější proces plánování (Plevný, Žižka, 2005), protože se distribuční trasy mění na základě aktuálních požadavků pro distribuce elementů.

3.3 Zelená logistika

Zelenou logistikou často nazýváme udržitelnou logistikou ohleduplnou k životnímu prostředí, proto je zavádění zelené logistiky zdlouhavý a složitý proces, který musí respektovat sociální, hospodářská a ekologická hlediska moderní společnosti. Velký dopad na zavádění zelené logistiky bude v oblasti silniční nákladní dopravy, která je důležitou oblastí pro zajištění celkové ekonomiky regionu i s ohledem na již vybudovanou silniční infrastrukturu. V budoucnu lze očekávat intenzivní podporu ze strany národních vlád na snížení dopadu stávající logistiky a distribuce a zavedení principů zelené logistiky hlavně pro distribuci zboží do 200 km.

Také cílem měst je celkové snížení těchto negativních vlivů, proto se dnes utvářejí tzv. nízkoemisní zóny. Oba tyto negativní vlivy jsou součástí klasických vozidel s konvenčním pohonem. Proto stále více dopravních společností hledá alternativu udržitelného rozvoje dopravy a distribuce zboží s ekologicky méně náročnými vozidly. Jedním z východisek je možnost využití elektromobilů nebo vozidel s hybridním pohonem (Grauers a kol., 2013). Pořizovací investice, která je vyšší oproti klasickým vozidlům vede k zamyšlení efektivního využití.

Služby distribuční logistiky jsou často outsourcovány ve formě strategického nákupu, který by měl být vysoce efektivní při minimalizaci logistických nákladů dodavatelských firem. Proto musíme také uvažovat o dosažení maximální efektivity i s ohledem na možné změny v distribučním systému přechodem k jiným alternativním pohonům pro nákladní dopravu. Gargasas, Samuolaitis a Mūgienė (2019) poukazují na vysoce zákaznický orientovanou povahu logistických služeb v oblasti distribuční logistiky. Poskytovatelé služeb musí implementovat řešení, která jsou žádána ze strany klientů a s ohledem na udržitelný rozvoj s minimálním dopadem na životní prostředí, a tak udržet pozitivní vztahy se svými dodavateli a klienty (Lodienė, 2012). Moderní trendy zelené logistiky vyvíjejí a implementují řadu ekologických opatření pro minimalizaci dopadů a zajištění udržitelné výroby, kde logistika hraje důležitou roli (Karaman a kol., 2020; Long a kol., 2022).

Zelená logistika musí kombinovat klasickou dopravní systémy s moderními městskými dopravními systémy a v tomto kontextu je tedy zelená logistika vnímána jako možnost pro snížení dopadů na životní prostředí (Kurbatova a kol., 2020). Implementace zelené logistiky vyžaduje řešení mnoha otázek, jejichž řešení mohou přinést snížení nákladů, a tedy lepší efektivitu distribuční logistiky a zvýšení kvality poskytovaných služeb koncovým

uživatelům a spotřebitelům. Sidek a kol. (2021) uvádějí, že jedním z hlavních přínosů implementace zelené logistiky je možnost snížení nákladů na nákup materiálů, nákladů na energii, zpracování odpadu a snížení poplatků za likvidaci odpadů ve snaze eliminovat škody na životním prostředí. Hlavními principy zelené logistiky by mělo být uplatňování integrovaného přístupu při řízení logistických toků, racionální využívání zdrojů a zavádění inovativních technologií s cílem snížit zátěž životního prostředí (Dzwigol a kol., 2021). Primárním cílem zelené logistiky je tedy snížit negativní dopad na životní prostředí, který je většinou spojen se skleníkovými plyny, hlukem a nehodami (Dekker a kol., 2011; Mensing a kol., 2011; Metais a kol., 2022). Koncept zelené logistiky lze popsat jako systém opatření, který je navržen podle lidských potřeb a zájmů a zdůrazňuje strategické směřování implementace udržitelného rozvoje s přihlédnutím k ekologickým, ekonomickým, sociálním a humanitárním aspektům (Gnann a kol., 2018; Jedlinski, 2014; Kutkaitis a Zuperkienė, 2011; Sostko a Jakubavicius, 2018). Současně s rozvojem zelené logistiky je potřeba budovat dopravní infrastrukturu s podporou inteligentních dopravních systémů které budou zajišťovat bezpečnější, lépe koordinované a efektivnější využití dopravní sítě pro různé uživatele (Peciukenas a kol., 2017; Poullikkas, 2015). Při realizaci cílů koncepce zelené logistiky je třeba vzít v úvahu ekonomické, sociální a ekologické aspekty celkového řešení. Nejedná se pouze o optimalizaci tras, ale je potřeba implementovat inteligentní řešení pro všechny procesy související s přechodem k zelené logistice. Nelze hovořit o implementaci, pokud ostatní procesy zůstanou stejné, je tedy potřeba pokročilá integrace inteligentních řešení napříč celým logistickým řetězcem. Distribuční logistika přechodem k zelené logistice bude muset přijmout základní principy štíhlé výroby (Lean, Kaizen apod). Přechodem k zelené logistice bude potřeba vybudovat infrastrukturu nabíjecích míst pro nákladní vozidla, zajistit dostatečný počet kvalifikovaných specialistů a neposlední řadě zvýšit využívání pokročilých informačních systémů s podporou rozhodování. Zavádění ekologických logistických opatření v logistických společnostech je velmi důležité pro snížení negativního dopadu distribuční logistiky na životní prostředí. Postupným zaváděním konceptu zelené logistiky do stávajícího procesu distribuční logistiky mohou firmy získat konkurenční výhodu a zároveň minimalizovat dopad do nákladů zvolením vhodné strategie, podpořené pokročilým informačním systémem. Právě v oblasti informačních systému bude kladen důraz na implementaci algoritmů pro optimalizaci

logistických procesů a na zvýšení efektivity celkového distribučního systému i s ohledem vyšších vstupních nákladů spojených s přechodem na zelenou logistiku.

Teoretickými aspekty finálního doručení v kombinaci se zelenou logistikou se zabývalo mnoho autorů porovnáním zelené logistiky při finálním doručení a reverzní logistiky, která má podobné teoretické aspekty (Lingaitis a Bazaras, 2007). Při analýze zelené logistiky autoři i přesto upozorňují na zásadní provozní rozdíly mezi zelenou logistikou a reverzní logistikou. Reverzní logistika je více zaměřena na systém zpětného odběru při finálním doručení a nakládání s odpady nebo produkty na konci životnosti. Zatímco provoz zelené logistiky je zaměřen na organizaci celého logistického dodavatelského řetězce s cílem dosáhnout řešení šetrných k životnímu prostředí použitím vhodných zdrojů jako jsou obaly, alternativní palivo nebo jiné energetické zdroje a organizování činností k zamezení nebo snížení prázdných kilometrů. Většina autorů zdůrazňuje, že má smysl vytvářet univerzální koncepty, které zahrnují několik cílů a oblastí činností, jako jsou sociální, ekonomické a environmentální, a to vše kombinovat do konceptu udržitelného rozvoje. Lze dokonce předpokládat, že tento koncept bude zaujímat významné místo v perspektivě moderního rozvoje podnikání a bude klást důraz na sociální a ekologické otázky namísto komerčního zisku (Bajdor a kol., 2021). Tyto zdroje zdůrazňují, že zelená logistika jako koncept udržitelného rozvoje, je důležitá při řešení environmentálních, ekonomických a sociálních problémů regionu jako celku. Ekonomickým aspektem konceptu zelené logistiky bude správné stanovení cen, zajištění kvality a konkurenceschopnosti dané společnosti. Environmentálním aspektem bude zaměření na využívání obnovitelných zdrojů energie, úsporu fosilních paliv a minimalizaci emisí spojených distribuční logistikou. V konečném důsledku sociálním aspektem bude zvýšení společenské prestiže logistických společností za trvalý přínos v oblasti snižování negativního vlivu na životní prostředí. Proto je potřeba nejen implementovat řešení výše uvedená, ale i zároveň zvyšovat společenskou odpovědnost a kompetence zaměstnanců daných společností (Vienazindiene a kol., 2021).

Vysoká hustota obyvatelstva ve městech vede ke kombinaci přeplněné dopravní infrastruktury, nedostatku parkovacích míst a souvisejících problémů se zásobováním finálních spotřebitelů. To vede k dodatečným nákladům na palivo pro provozovatele distribuční logistiky kvůli nerovnoměrné rychlosti jízdy a snížené efektivitě při využívání lidských a materiálních zdrojů a zvyšuje požadavky pro plánování doručení zboží, častěji lze sledovat porušení pravidel silničního provozu při doručení zboží, které má za následek

snížení bezpečnosti silničního provozu a způsobuje negativní frustrace účastníků silničního provozu a zvýšení negativního vlivu nákladní dopravy na životní prostředí a v konečném důsledku vznik regulativních omezení pro možnost zásobování vozidly s konvenčním pohonem. S rostoucím vlivem právním předpisů a problémy s omezením plynulosti dopravních toků je nutné uplatnit nová inovativní technologická opatření, pro strategická manažerská rozhodování, která povedou ke zvýšení efektivity distribuční logistiky a zvýšení environmentálního kreditu společností u veřejnosti (Macharis a Kin 2017).

Doprava je značným přispěvatelem v produkci emisí a skleníkových plynů. Na základě tohoto Evropská agentura pro životní prostředí v roce 2018 spolu s Evropským parlamentem uvedly, že v Evropské unii (EU) jezdí přibližně 7 milionů nákladních vozidel a přibližně 70 % nákladů v EU se přepravuje po silnici (Environment, Public Health and Food Safety, 2018). Z čehož nákladní silniční doprava tvoří 65-70 % emisí CO₂ z celkové dopravy. Těžká nákladní doprava tvoří 27 % emisí CO₂ a lehká nákladní doprava tvoří 38-43 % emisí CO₂. Nákladní doprava je zodpovědná za přibližně za 5 % celkových emisí CO₂ v rámci EU (Environment, Public Health and Food Safety, 2018).

Zatímco v jiných odvětvích produkce CO₂ od roku 1990 klesá, v dopravě je s rostoucí poptávkou kontinuální růst. Mezi lety 1990 a 2016 se emise těžkých nákladních vozidel zvýšily o 25 % a v případě nepřijetí nových opatření by se očekával další růst (Environment, Public Health and Food Safety, 2018). Podle Evropského parlamentu se proto Evropská unie zavázala v rámci Pařížské dohody omezit emise skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 50 % ve srovnání s rokem 1990. Ke splnění tohoto cíle EU schválila nařízení pro její členské státy snížit produkci CO₂ v dopravě o 60 % do roku 2050, vůči roku 1990. Limitem pro nová osobní auta je pokles emisí o 37,5 %, u dodávek o 31 % a nákladních vozidel o 30 % do roku 2030 oproti roku 2019 s přechodným cílem do roku 2025 snížení o 15 % (EU 1242, 2019).

3.4 Stávající postupy pro volbu umístění nabíjecích stanic pro nákladní dopravu

Zelená logistika vyžaduje mimo jiné přechod na elektroautomobily, aby byl minimalizován dopad konvenční nákladní dopravy. Analýzy ukazují, že je to možné pouze při použití vozidel s nulovými emisemi, tj. nákladních vozidel na elektrický nebo vodíkový pohon (Breed, Speth a Plötz, 2021). Současný výzkum ukazuje, že chybí nabíjecí infrastruktura, jejíž rozvoj je nezbytný pro rozšíření bateriových elektrických nákladních vozidel (Nykvist a Olsson, 2021). V důsledku toho EU plánuje instalovat a vybudovat infrastrukturu nabíjecích stanic. Tvorba návrhu této infrastruktury je založena na modelech jedné ze tří skupin (Metais a kol., 2022)

- modely založené na uzlech dopravní sítě
- modely založené na hranách dopravní sítě
- modely založené na geografických vlastnostech tras.

Modely založené na dopravních uzlech jsou tzn. modely p-mediánu, kde jsou nabíjecí stanice umístěné v uzlech tak, aby požadavek sousedních uzlů mohl být splněn s minimální ujetou vzdáleností (Deb, Tammi, Kalita a Pinakeshwar Mahanta, 2018). Tento přístup vychází z Hakimiho algoritmu (Hakimi, 1964), který jej použil k určení optimální polohy policejních stanic v silniční síti. Tento přístup lze tedy použít i pro umístění nabíjecích míst pro elektromobily. U modelů založených na uzlech pokrývá nabíjecí stanice určitou oblast nebo určitou část silnice. Proto se obvykle modeluje poměrně hustá nabíjecí síť s mnoha nabíjecími body. Nabíjecí stanice mohou být umístěny v pravidelných vzdálenostech a jejich velikost může být závislá na intenzitě provozu mezi sousedními uzly (Speth, Plötz a kol., 2022). Důraz tedy nemusí být kladen na minimalizaci počtu nabíjecích míst ale na jejich dimenzování. Pro aplikaci modelu je vždy vyžadován objem provozu v jednotlivých uzlech (Speth a Funke, 2021).

Naproti tomu modely založené na dopravních hranách se spoléhají na počet projíždějících aut v rámci hran sítě a hledají maximální pokrytí projíždějících aut s minimálním počtem stanic (Hodgson, 1990). V roce 2013 byl představen model nabíjecích stanic pro Barcelonu, kde došlo k umístění pouze 27 nabíjecích stanic, který by zabezpečil poptávku 92 % uvažovaných toků (Rios, Ramos a Zambrano, 2015). Obecná myšlenka umístění tak, aby bylo možné dodat maximum do předem známých cest systémem start-cíl s pevným počtem stanic, zůstává stejná (Kuby a Lim, 2005; Lim a Kuby, 2010). Stejný model byl využitý i

pro vozidla poháněná vodíkem, kombinovaný s modelem omezujícím počet nabíjecích stanic, tak aby se zabránilo nerealisticky velkým stanicím (Kluschke a kol., 2020). Nevýhodou těchto modelů je vysoká výpočetní náročnost a bývá nutné omezit oblasti, pro které hledáme vhodné umístění nabíjecích stanic (Jochem, Szimba a Reuter-Oppermann, 2019).

Model založený na trase bere v úvahu individuální jízdní profily a umísťuje nabíjecí stanice tak, aby odpovídaly jízdním profilům. Protože úroveň detailů se zvyšuje od modelů založených na uzlech přes modely založené na cestě až po modely založené na kapacitách tras, zvyšují se nároky na vstupní data (Speth, Sauter a kol., 2022).

Pro přesnější modelování infrastruktury pro nákladní automobily, lze využít data GPS, která jsou založená na trase a datech z jednotlivých cest a vzdálenosti (Whitehead a kol., 2022). S využitím modelu založeného na trase byla modelována infrastruktura vodíkových čerpacích stanic pro nákladní vozidla v Německu (Kluschke a kol., 2020). Analýza byla založena na 2655 trasách. Byl vytvořen návrh 100 vodíkových čerpacích stanic, kterými lze obsloužit 13000 Km dálnic.

Vzhledem k tomu, že se EU v současné době diskutuje o celoevropské síti dobíjecích stanic pro nákladní automobily, je velmi důležité vytvořit si představu o tom, jak by taková síť mohla vypadat v příštích několika letech.

3.5 Lokační modely

Abychom mohli efektivně využívat vozidla s alternativním pohonem zejména nákladní elektromobily, je nutné vybudovat síť nabíjecích stanic v místech s vysokou koncentrací nákladní dopravy, jako jsou logistické parky, terminály, průmyslové oblasti, odstavné plochy kapacitních silnic a areály dopravních a logistických společností. S rozvojem nových technologií, zejména možností využití dat z GPS o pohybech vozidel, lze definovat ideální místa pro výstavbu nabíjecích stanic (Wang a kol., 2014). Jako reprezentativní vzorek o pohybu aut lze využít data z GPS vozidel taxi služby, na jejichž základě bylo možno definovat ideální místa pro jejich nabíjení tak, aby nebyla omezena jejich činnost (Tu a kol., 2016). Strategické umístění nabíjecích stanic je jedním z klíčových aspektů umožňující efektivní distribuci zboží ke koncovým uživatelům. Optimální návrh sítě nabíjecích stanic musí minimalizovat celkové náklady spojené s nutným nabitím na trase, tedy najít vhodné geolokační umístění. S ohledem na výstavbu nové sítě se jedná o dlouhodobé strategické umístění, které musí respektovat omezující podmínky nákladní dopravy. Pro podporu rozhodování byly formulovány lokační modely (Gros, 2015). Klasifikace lokačních modelů (Gros, 2015)

- Podle počtu umísťovaných objektů rozlišujeme modely pro umístění jednoho nebo více objektů.
- Podle množiny míst, která jsou k dispozici, rozlišujeme případy s množinou neomezenou (objekt lze umístit kdekoliv v oblasti), nebo diskrétní, kdy je třeba vybrat z předem definovaného souboru míst.
- Dále rozlišujeme modely podle toho, zda je počet umísťovaných objektů třeba určit, nebo je tento počet předem dán.
- Modely rozlišujeme i podle toho, zda je umístění objektů v rovině, nebo v prostoru.

Lokační modely lze klasifikovat jako modely ve spojitém prostoru a modely v diskrétním prostoru.

Obecně lze říct, že pokud uvažujeme lokační problém, neberou se do úvahy pouze poptávkové body, ale i toky materiálů, výrobků, informací a lidí (Dresner a Stone, 2006).

K vyřešení lokačního problému musí být dány tyto informace (Dresner a Stone, 2006)

- Kolik středisek obsluhy je potřeba rozmístit,
- Kde by měla být střediska rozmístěna,

- Jakou kapacitu by střediska měla mít,
- Které obslužné body nebo hrany by měly být ke střediskům přiřazené,
- Jaká kapacita středisek bude potřeba na cestě mezi obslužným centrem a zákazníkem,
- Jaká by měla být kapacita obslužných center.

Cílem je tedy nalezení optimálního umístění požadovaného počtu (předem známého či neznámého) obsluhovaných středisek. Pokud jde o lokaci ve spojitém prostoru, hledané umístění je definováno souřadnicemi (x, y) , které jsou vypočítány ze souřadnic poptávkových bodů a jim přiřazených vah (Pernica, 1995). Problém s umístěním objektů je velmi často multikriteriální optimalizační problém, který závisí na kvantitativních a kvalitativních kritériích (Jacyna-Gołda a Izdebski, 2017). Vícekriteriálnost zvyšuje i složitost problému možného umístění dobíjecích stanic, pro který je nutno využít vícekriteriální rozhodovací metody.

3.5.1 Lokace jednoho objektu – vzdálenost po osách

Jedná se o problém, kdy je nutné umístit jeden objekt, který je ve vazbě na n existujících míst. Nalezené souřadnice nového objektu $N = (x, y)$, který je ve vazbě na existující objekty se známými souřadnicemi $M_j = (x_j, y_j), j = 1, 2, \dots, n$, musí splňovat požadavek minimalizace vzdálenosti mezi objekty (Gros a Dyntar, 2015).

Formulace modelu pro případ výpočtu vzdálenosti po osách bude mít tvar.

$$Z = \sum_{j=1}^n w_j (|x - x_j| + |y - y_j|) \rightarrow \text{MIN} \quad (50)$$

- kde (x_j, y_j) jsou body pro, než je potřeba umístit nejvhodnější obslužné středisko a w_j je důležitost jednotlivých objektů

Nalezení souřadnic nového objektu $N = (x, y)$ je jednoduché, uvědomíme-li si, že z povahy formulované úlohy vyplývá, že účelovou funkci můžeme rozdělit na dvě části

$$Z1 = \sum_{j=1}^n w_j |x - x_j| \rightarrow \text{MIN}, Z2 = \sum_{j=1}^n w_j |y - y_j| \rightarrow \text{MIN} \quad (51)$$

Pokud nelze nový objekt umístit do nalezeného bodu, je potřeba najít jiné umístění (například nejbližší vhodný bod) a současně budeme muset připustit růst hodnoty účelové funkce.

3.5.2 Lokace jednoho objektu – vzdálenost kvadratická

Najít vhodné místo pro objekt lze i pomocí kvadratické účelové funkce (Gros a Dyntar, 2015).

$$Z = \sum_{j=1}^n w_j ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2) \rightarrow \text{MIN} \quad (52)$$

Pro nalezení souřadnic objektu $N = (x, y)$ položíme derivace funkce podle x a y rovné nule a dostaneme

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n w_j x_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad \text{a} \quad y = \frac{\sum_{j=1}^n w_j y_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (53)$$

3.5.3 Lokace více objektů – vzdálenost po osách

V tomto problému jde o umístění více objektů $N_i = (x_i, y_i)$ pro $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

Pokud v účelové funkci respektujeme i vazby mezi starými objekty, pak souřadnice nových objektů musí splňovat následující kritérium (Gros a Dyntar, 2015)

$$\begin{aligned} Z = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} (|x_i - x_j| + |y_i - y_j|) \\ & + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n w_{jk} (|x_j - x_k| + |y_j - y_k|) \rightarrow \text{MIN} \end{aligned} \quad (54)$$

kde $(x_i, y_i), i = 1, \dots, m$ jsou hledané souřadnice nových objektů a $(x_j, y_j), j = 1, \dots, n, (x_k, y_k), k = 1, \dots, n$ jsou souřadnice objektů, k nimž hledáme objekty nové, w_{ij}, w_{jk} jsou váhy jednotlivých tras.

Účelovou funkci můžeme opět rozdělit na dvě funkce:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} |x_i - x_j| + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n w_{jk} |x_j - x_k| \rightarrow \text{MIN} \quad (55)$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} |y_i - y_j| + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n w_{jk} |y_j - y_k| \rightarrow \text{MIN} \quad (56)$$

Souřadnice x_i získáme řešením první úlohy (56), souřadnice y_i získáme řešením druhé úlohy (57). Obě úlohy lze převést na lineární optimalizační model s využitím dvojice komplementárních proměnných vyjadřujících vzdálenost dvou míst vždy jako kladné číslo.

3.5.4 Lokace více objektů – vzdálenost kvadratická

Formulace kritéria pro případ kvadratické vzdálenosti bude mít tvar (Gros a Dyntar, 2015).

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} ((x_i - x_j)^2 + (y_i - x_j)^2) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} ((x_i - x_k)^2 + (y_i - x_k)^2) \rightarrow \text{MIN} \quad (57)$$

Funkci vzdálenosti opět zderivujeme a parciální derivace položíme rovny nule.

Dostaneme soustavu lineárních rovnic, jejichž vyřešením získáme hledané souřadnice bodů $N_i = (x_i, y_i)$ pro $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

3.5.5 Weiszfeldův algoritmus

Weiszfeldův algoritmus je numerická metoda pro nalezení geometrického průměru (mediánu) souboru bodů v n-dimenzionálním prostoru. Jde o iterační algoritmus využívající transformaci $W(x, y)$, která převádí souřadnice bodu (x, y) do souřadnic, které jsou blíže optimální lokaci. Prvotní (výchozí) souřadnice lze zvolit libovolně, za pomoci transformace se vypočítají nové souřadnice z těch původních. Tato posloupnost se blíží (tedy konverguje) k optimálnímu řešení problému. Mezi p středisky obsluhy $X = (x, y)$ a poptávkovými body $P = (a, b)$ se pomocí euklidovské metriky vypočítá jejich vzájemná vzdálenost. Náklady na obsluhu i -tého objektu se určí jako součin jeho vzdálenosti od hledaného bodu a jeho váhy w_i , která může charakterizovat náklady obsluhy tohoto objektu. Celkové náklady na obsluhu všech objektů pak budou spočítány jako (Kolínský, 2009):

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^p w_i \sqrt{(x - a)^2 + (y - b)^2} \quad (58)$$

Samotná transformace $W(x, y)$ je odvozena na základě parciálních derivací funkce $f(x, y)$. Následující parciální derivace se položí rovny nule a vyjádří se z nich souřadnice x a y . (Kolínský, 2009).

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \sum_{i=1}^p \frac{w_i}{\sqrt{(x - a)^2 + (y - b)^2}} \cdot (x - a) \quad (59)$$

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \sum_{i=1}^p \frac{w_i}{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2}} \cdot (y-a) \quad (60)$$

V každém kroku dostaneme hodnoty nových souřadnic hledaného bodu x a y

$$x_k = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{w_i a_i}{\sqrt{(x_{k-1} - a_i)^2 + (y_{k-1} - b_i)^2 + \varepsilon}}}{\sum_{i=1}^m \frac{w_i}{\sqrt{(x_{k-1} - a_i)^2 + (y_{k-1} - b_i)^2 + \varepsilon}}} \quad (61)$$

$$y_k = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{w_i b_i}{\sqrt{(x_{k-1} - a_i)^2 + (y_{k-1} - b_i)^2 + \varepsilon}}}{\sum_{i=1}^m \frac{w_i}{\sqrt{(x_{k-1} - a_i)^2 + (y_{k-1} - b_i)^2 + \varepsilon}}} \quad (62)$$

Výpočet končí, pokud je poslední nalezený bod dostatečně blízko optimálnímu řešení. To určuje parametr epsilon.

3.5.6 Diskrétní lokační problém

Výhodou řešení v diskretním lokačním problému je předem známa množina možných umístění objektů, existuje pouze několik variant, mezi nimiž se rozhoduje. Pro řešení problému diskretní lokace se často využívá multikriteriální analýza, která spočívá v rozhodování na základě několika zcela odlišných kritérií, např. vzdálenost, náklady a další parametry možných umístění objektů. Nejvhodnější varianta problému je pak vybrána na základě ohodnocení jednotlivých variant podle těchto kritérií. (Nickel and Puerto, 2006).

3.5.7 Model umístění nabíjecích stanic s ohledem na dojezd elektromobilu

He a kol. (2018) se zabývá správným umístěním nabíjecích stanic, které je zásadní pro rozšíření využití elektrických vozidel (EV). Navrhují dvouúrovňový algoritmus s ohledem na dojezdovou vzdálenost na jedno nabití a vyhledává optimální umístění nabíjecích stanic tak, aby se mohly maximalizovat trasy na kterých jsou umístěny nabíjecí stanice. Pro efektivní formulaci je algoritmus navržený jako jednoúrovňový matematický problém, který lze dále optimalizovat za pomoci heuristického algoritmu. (He a kol., 2018). Model dále počítá:

- Každý řidič EV má vlastní nabíjecí stanici a může nabíjet auto v noci nebo ve volném čase. To zajišťuje, že všechny EV mají plný výkon.

- Nabíjecí stanice jsou zaměřeny především na uspokojení požadavků při cestě na dlouhé vzdálenosti nebo ke zvládnutí neočekávaných událostí (např. že někteří řidiči zapomněli nabíjet svá EV v noci nebo ve volném čase).
- Každý řidič může být obsloužen pouze jednou na celkové trase.
- Spotřeba energie v každém EV je závislá pouze na vzdálenosti, nikoli na aktuálním příkonu při nabíjení.

Matematická formulace modelu

$$Z = \sum_{w \in W} \sum_{r \in R^w} X_r^w f_r^w y_r^w \rightarrow \text{MAX} \quad (63)$$

za podmínek

$$\sum_{k \in \psi_r^w} x_k \geq y_r^w, r \in R^w, w \in W \quad (64)$$

$$y_r^w \geq \sum_{k \in \psi_r^w} \frac{x_k}{n}, r \in R^w, w \in W \quad (65)$$

$$\sum_{k \in K} x_k = n \quad (66)$$

$$x_k, y_r^w \in \{0,1\}, k \in K, r \in R^w, w \in W \quad (67)$$

Přitom f_r^w je řešení následujícího problému rovnovážného provozu za omezení dojezdem a dobou nabíjení:

$$f_r^w = \sum_{e \in E} \int_0^{v_e} t_e(z) dz + \sum_{w \in W} \sum_{r \in R^w} \xi_r^w f_r^w \rightarrow \text{MIN} \quad (68)$$

za podmínek

$$\sum_{r \in R^w} f_r^w = q^w, w \in W \quad (69)$$

$$(D \cdot (1 - y_r^w) - l_r^w) f_r^w \geq 0, r \in R^w, w \in W \quad (70)$$

$$v_e = \sum_{w \in W} \sum_{r \in R^w} f_r^w \delta_{er}^w, e \in E \quad (71)$$

$$v_e \geq 0, f_r^w \geq 0, e \in E, r \in R^w, w \in W \quad (72)$$

kde:

- $G=(V, E)$ silniční síť,
- V množina vrcholů,
- E je množina hran,

- W množina dvojic výchozí a koncová-destinace,
- R^w množina všech cest mezi dvojicí $w \in W$,
- ψ_r^w sada uzlů na cestě r pro w vhodných pro výstavbu nabíjecích stanic,
- D dojezd EV,
- l_r^w délka cesty r pro dvojici w ,
- x_k binární proměnná, která se rovná 1, je-li nabíjecí stanice umístěna v uzlu k a 0 jinak,
- d_r^w binární parametr, který se rovná 1, je-li délka cesty r menší než dojezd D a 0 jinak,
- X_r^w podíl toku, který má být účtován na cestě r ,
- ξ_r^w doba nabíjení požadovaná, když řidič zvolí cestu r ,
- y_r^w binární proměnná, která se rovná 1, je-li stanice na vhodné pozici cesty r a 0 jinak,
- u_r^w binární proměnná, která se rovná 1, je-li cesta r použitelná pro EV a 0 jinak,
- q^w požadavek na cestu mezi dvojicí w ,
- f_r^w dopravní proud na cestě r mezi dvojicí w ,
- n počet nabíjecích stanic, které mají být umístěny,
- v_e dopravní proud na hraně e ,
- δ_{er}^w incidence hrany e s cestou r , je rovna 1, pokud je hrana e na cestě r , jinak 0,
- t_e doba jízdy hranou e vzhledem k dopravnímu proudu,
- t_e^0 minimální doba jízdy hranou e ,
- c_e kapacita hrany e ,
- t_r^w doba jízdy na cestě r ,
- M dostatečně velké kladné číslo.

3.6 Metoda analytického síťového procesu (ANP)

Metoda ANP je využívána ve výzkumu a vývoji pro optimální výběr lokality na základě více kritérií, například v případě větrných elektráren na moři (Fetanat a Khorasaninejad, 2015). Modely vícekritériálního rozhodování se dnes používají v mnoha oblastech pro kvantifikaci, porovnávání a hodnocení objektů. Analytický síťový proces (ANP) je jedním z nástrojů v případech, kdy interakce mezi kvalitativními a kvantitativními faktory je složitá a vytváří síťovou strukturu (Saaty, 1994). Rozděluje rozhodovací problém do sítě dílčích problémů, které jsou následně analyzovány a vyhodnocovány. Síťové strukturování rozhodovacího problému pomáhá vyjádřit situace, v nichž jsou jednotlivé prvky rozhodovacího problému seskupeny do klastrů se složitými vazbami. Metoda analýzy síťového procesu je metoda navržená T. L. Saatyem v roce 1996. Metoda byla primárně rozšířena z metody AHP. Hlavní výhodou metody ANP je možnost modelovat problémy s velmi komplikovanými vzájemnými závislostmi (ovlivňování) mezi alternativami, kritérii a subkritérii, resp. mezi těmito částmi navzájem. Obecný model ANP má tedy síťovou strukturu, která propojuje:

1. Cíl analýzy nebo rozhodování.
2. Klastry kritérií.
3. Klastry dílčích kritérií, přičemž dílčí kritéria obvykle zahrnují překážky dosažení cílů.
4. Klastry alternativ.

4 Lokace nabíjecích stanic pro nákladní vozidla

Vlastní práce se zaměřuje na využití stávajících algoritmů v oblasti dopravních okružních problémů a algoritmů pro lokace a umístování objektů. Cílem práce je tedy navržení možného umístění nabíjecích stanic pro nákladní vozidla s ohledem na možnost využití již stávajících logistických a skladovacích areálů a doplnění o lokality které nejsou dostupné ze stávajících lokalit a modifikace algoritmu pro dopravní okružní problémy s aplikací nových omezujících podmínek, zejména aplikace omezující podmínky kapacity baterií v distribuční dopravě.

V současné době je značná část výzkumu v oblasti nákladní dopravy zaměřena na využití vozidel s elektrickým pohonem právě jako podpora pro logistické společnosti, které budou nuceny z hlediska legislativy vyměnit vozový park. Jsou navrhována jak nová konstrukční řešení automobilů, tak způsoby využitelnosti a efektivnosti nákladní dopravy. Jsou řešeny jak náročné otázky spojené s používáním elektrických vozidel pro městskou (city) logistiku, tak problémy nákladní dopravy elektrickými vozidly. Doprava si získává stále větší pozornost výzkumné komunity i díky novému paradigmatu spojenému s distribucí zboží. Minimalizace nákladů na skladování byla vždy klíčovým faktorem při řízení dodavatelského řetězce. To zahrnuje hledání řešení, která minimalizují kapacitu skladů. Kromě těchto omezení se počet zákazníků neustále zvyšuje, což vede k přísným požadavkům na efektivitu a spolehlivost při doručování jejich zásilek. Vzniká tak nová výzva a silná potřeba zajistit pravidelnější a častější distribuci zboží, což vede k většímu počtu nákladních vozidel pro distribuci zboží zejména v městských aglomeracích. Poskytovatelé logistických a dopravních služeb musí věnovat pečlivou pozornost nákladům na dopravu, aby zůstali konkurenceschopní.

Matematické modelování a řešení problému spojených s distribucí zboží je jednou z možností, jak simulovat reálný provoz a zároveň tak definovat další nutné náklady, a tedy i míru ziskovosti s ohledem na pořizovací náklady nového vozového parku. Tento poměrně složitý problém lze poměrně snadno definovat. Máme množinu n zákazníků, z nichž každý má poptávku a umístění (jako souřadnice x a y nebo možná jako matici vzdáleností mezi každým zákazníkem); vozový park, z nichž každé má pevnou kapacitu (obvykle stejnou pro všechna vozidla); depo, kde musí každé vozidlo startovat a končit. S těmito parametry chceme nalézt vhodné trasy (počet tras je obvykle stejný jako počet vozidel), který minimalizují ujetou vzdálenost a zajistí, aby vozidlo nepřekročilo svou kapacitu s ohledem

na zákazníky, které navštěvuje, a jejich poptávku. Parametr vzdálenost lze podle potřeby nahradit časem, náklady nebo jiným měřítkem efektivity. Distribuční problémy jsou řešeny různými způsoby od jednoduchých dopravních modelů přes okružní problémy až po složité modely řešené genetickými algoritmy respektujícími různé omezující podmínky, zejména různé otevírací doby a různé doby pro zásobování s ohledem na centra velkých měst, které omezují průjezd nákladní dopravy různými časovými omezeními. Zároveň je třeba uvažovat o tom, že v distribuci zboží se nejedná vždy pouze o doručení z výchozího depa ale i svoz zásilek nebo reverzní logistiku. Kromě faktorů, které mohou zpomalit zavádění ekologických vozidel pro doručování zboží, jako je omezená autonomie, špatně dostupná nabíjecí infrastruktura, dlouhá doba nabíjení a vysoké pořizovací náklady, existuje i množství faktorů pro zavádění těchto vozidel kvůli nižším nákladům na provoz a údržbu. Správná úvaha by měla být, že se vozidla budou nabíjet v nočních hodinách ve výchozích depech a využití nabíjecích stanic během dne bude pouze v rámci povinných pauz, odstavení vozidla pro nakládku nebo vykládku, takže nabíjení mimo noční odstavení by nemělo výrazně ovlivňovat časový výkon řidiče. Současně je nutné požadovat, aby nabíjecí zařízení byla umístěna do míst s vysokou koncentrací nákladní dopravy. Moderní literatura se zabývá třemi hlavními proudy. První uvažuje o možném využití technologie, která umožní řidiči vykonat přepravu bez nutnosti dobíjet na trase. Druhý uvažuje o možném nabíjení během trasy ale bez omezení. Třetí proud se zabývá technologií, která může rekuperovat energii třeba během brzdění a tím průběžně dobíjet akumulátory. Všechny tři směry se snaží minimalizovat situace, ke kterým by došlo, pokud by vozidlo potřebovalo nabít akumulátory a nabíjecí stanice již byla obsazená.

4.1.1 Kritéria pro umístění nabíjecích stanic

Celkově lze konstatovat, že síť dobíjecích stanic pro nákladní vozidla je nedostatečná, a proto je zde prostor pro systémovou analýzu a optimalizaci lokací těchto dobíjecích stanic. Množství kritérií pro umístění nabíjecích stanic vytváří složitost a komplexnost problému hledání umístění dobíjecích stanic. Vícekriteriální rozhodovací problém umístění nabíjecí stanice může být řešen metodou Analytického síťového procesu (ANP) (Saaty, 2008). Je velmi složité učinit rozhodnutí o správné lokaci nabíjecí stanice bez použití takovéto metody, které bude vyhovovat z hlediska nákladů, vzdáleností, dojezdové vzdálenosti, dostupnosti zdrojů energetické sítě, efektivity využití při nabíjení a dalších hledisek, protože tato hlediska

(kritéria a sub-kritéria) jsou často vzájemně závislá. Dalšími z kritérií je umístění v blízkosti logistických parků, nebo umístění v lokacích s vysokou koncentrací nákladní dopravy (odstavné plochy, dálnice, rychlostní silnice).

Hlavním cílem této kapitoly je nalezení a posouzení vhodných kritérií pro výstavbu nabíjecích stanic pro nákladní elektromobily. Pro stanovení důležitosti všech relevantních okolností a parametrů umístění a pro výběr kritérií, podle kterých budeme posuzovat ideální lokaci bude použita metoda ANP. Zásadní jsou zpětné vazby shluků, které jsou vzájemně propojeny do rozsáhlého komplexního síťového modelu. Proto se metoda ANP jeví jako velmi vhodný nástroj pro řešení tohoto problému. Preference kritérií bude částečně navržena dle principu SMART.

Kritéria a sub-kritéria, která jsou brána v úvahu pro volbu místa nabíjecích stanic, byla stanovena následovně. Kritéria 1-5 jsou převzata (Wu, Y. a kol., 2016), kritérium 6 je doplněno autorem. Pokud je nějaké sub-kritérium relevantní je důležité, aby bylo realistické.

1. Ekonomické faktory

- Stavebními náklady – náklady spojené s vykoupením pozemků, projektovou dokumentací, výstavbou nabíjecí stanice. Měřitelné v jednotkách EUR.
- Provozními náklady – náklady zahrnující všechny provozní poplatky související s denním provozem. Provozní náklady jsou důležité z hlediska finančního zisku. Měřitelné v jednotkách EUR.
- Návratnost investice – relevantní z hlediska hodnocení nákladů a provozních výnosů. V komerční sféře nejdůležitější ekonomické kritérium. Měřitelné v měsících.

2. Technické faktory

- Vzdálenost od rozvodné stanice – umístění v blízkosti rozvodné stanice ovlivňuje ztrátu na výkonu přenosu elektrické energie. Měřitelné v km.
- Vliv na energetickou síť – relevantní z hlediska bezpečné činnosti energetické sítě. Měřitelné v MW.

3. Dostupnost služby

- Dobíjecí schopnost – maximální počet nabíjecích stanic v jediném okamžiku. Toto sub-kritérium souvisí s počtem vozidel, které mohou být nabíjeny najedou. Měřitelné počtem nabíjecích stanic.

- Dostupnost – je důležitá z hlediska silniční sítě dostupné nákladními vozidly a je stanovena na základě jednotlivých úseků silniční sítě (dálnice, silnice I. a II. třídy).

4. Sociální faktory

- Rozšíření kapacity – nezbytný požadavek z hlediska dalšího nárůstu nákladních elektromobilů. Měřitelné v počtu nových míst v nabíjecích stanicích.
- Místní postoj – relevantní požadavek dopadu na možné zdravotní problémy obyvatel (elektromagnetické pole, nárůst dopravy). Měřitelné v počtu vydaných povolení pro výstavbu nabíjecích stanic.
- Podpora místní samosprávy – tento atribut může obsahovat možné dotační tituly pro výstavbu (Národní akční plán čisté mobility). Měřitelné v počtu vydaných povolení pro výstavbu nabíjecích stanic.
- Zvýšení zaměstnanosti – relevantní z hlediska nových příležitostí pracovního trhu a vytvoření pracovních míst. Měřitelné v počtu nově vytvořených pracovních míst.

5. Enviromentální dopady

- Dopad na životní prostředí – nutné posouzení vlivu na životní prostředí (proces EIA). Měřitelné v uhlíkové stopě CO₂.
- Energetická úspora (stabilita) – možnost vytvoření autonomní stanice nezávislé na energetické síti nebo vytvoření hybridního modelu, který by mohl reagovat na přebytek energie v síti a tím vyrovnávat kolísání. Měřitelné v MW.
- Dopad do energetické sítě – okamžitý požadavek po výkonu (nabíjení) může destabilizovat energetickou síť. Měřitelné v MW.

6. Lokace

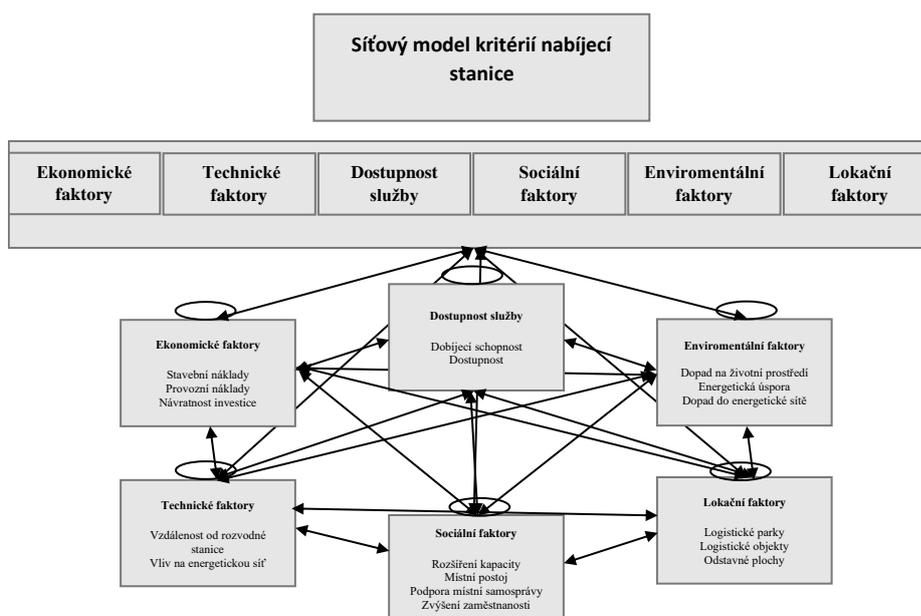
- Logistické parky – relevantní z hlediska zapojení do systému nabíjecích stanic. Místa s vysokou koncentrací nákladních vozidel. Měřitelné počtem logistických parků zapojených do systému nabíjecích stanic.
- Logistické objekty – místa s koncentrací výrobních závodů. Měřitelné počtem výrobních závodů, jejich odstavnými plochami zapojených do systému nabíjecích stanic.
- Odstavné plochy – kapacitní parkoviště, dopravní terminály (přístavy, nádraží) místa s vysokou koncentrací nákladní dopravy. Tyto plochy jsou relevantní z

hlediska možnosti odstavení vozidla, pokud řidič vykonává bezpečnostní přestávku.

4.1.2 Preference kritérií pro umístění nabíjecích stanic

Pro výpočet modelu ANP byl použit softwarový systém Superdecision (Superdecision, 2017). Základním uzlem je uzel s cílem Ohodnotit preference kritérií, následuje klastr jednotlivých skupin kritérií – faktorů a dále provázané klastry obsahující skupiny kritérií (obrázek 3). Tyto vztahy mezi kritérii a sub-kritérii jsou stanoveny na základě zkušeností ostatních autorů nebo subjektivního hodnocení autora z hlediska důležitosti. Příkladem vzájemného ovlivnění je například vztah mezi kritériem vzdálenost od rozvodné stanice, které ovlivní náklady na výstavbu, ale nemá přímý vliv na kritérium dosažitelnost stanice nákladním vozidlem. Dosažitelnost vozidlem, náklady na výstavbu, provozní náklady a kapacita nabíjecích stanic má vliv na kritérium návratnost investice. I když nejdůležitějšími kritérii by měly být ekonomické faktory, musíme ohodnotit preference všech kritérií. Vztahy v rámci clusterů jsou nejdůležitější v rámci ekonomických, technických faktorů a lokace. Dosažení některých sub-kritérií vylučuje dosažení jiných nebo naopak, dosažení jednoho sub-kritéria urychluje dosažení jiného. Podobné vztahy byly pozorovány v rámci jiných klastrů a mezi nimi (obrázek č. 3).

Obrázek 3 Síťový model kritérií nabíjecí stanice



Zdroj: SW Superdecision – vlastní zpracování

Váhy jednotlivých kritérií byly nastaveny shodně na 0,17, právě s ohledem, aby některá kritéria nebyla zvýhodněna před ostatními. Další úroveň je reprezentována jednotlivými kritérii (klastry) se sub-kritérii, která jsou klíčovou součástí procesu hodnotícího důležitost každého sub-kritéria v rámci ANP procesu. Výsledkem výpočtu je supermatice uvedená v tabulce 3.

Tabulka 3 Supermatice modelu

	Ekonomické faktory	Technické faktory	Dostupnost služby	Sociální faktory	Enviromentální dopad	Lokace (umístění)
Ekonomické faktory	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Technické faktory	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dostupnost služby	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sociální faktory	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Enviromentální dopad	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lokace (umístění)	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stavebními náklady	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Provozními náklady	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Návratnost investice	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Vzdálenost od rozvodné stanice	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
Vliv na energetickou síť	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00
Dobíjecí schopnost	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00
Dostupnost	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00
Rozšíření kapacity	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00
Místní postoj	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
Podpora místní samosprávy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
Zvýšení zaměstnanost	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
Dopad na životní prostředí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
Energetická úspora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Dopad do energetické sítě	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
Logistické parky	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Logistické objekty	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Odstavné plochy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25

Zdroj: Vlastní zpracování, SW Superdecision

Uspořádání jednotlivých kritérií na základě výsledků metody ANP je v tabulce 4.

Tabulka 4 Váhy jednotlivých kritérií

Kritéria	Váhy kritérií
Dobíjecí schopnost	0,1790
Vzdálenost od rozvodné stanice	0,1150
Rozšíření kapacity	0,0960
Logistické parky	0,0930
Stavební náklady	0,0760
Provozní náklady	0,0630
Dopad do energetické sítě	0,0610
Energetická úspora	0,0610
Místní postoj	0,0600
Podpora místní samosprávy	0,0540
Logistické objekty	0,0390
Dopad na životní prostředí	0,0340
Vliv na energetickou síť	0,0240
Dostupnost	0,0200
Návratnost investice	0,0130
Odstavné plochy	0,0100
Zvýšení zaměstnanost	0,0020

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě těchto výsledků budou pro hledání nejvhodnějších umístění nabíjecích stanic použita pouze první čtyři kritéria (jejich celkový procentuální podíl je 48,3 %)

- Dobíjecí schopnost – tedy možnost nabíjet pomocí více typů dobíjecích adapterů (konevek).
- Vzdálenost od rozvodné stanice – minimalizovat ztráty způsobené distribuční sítí.
- Rozšíření kapacity – možnost v budoucnu doplnit lokaci o další nabíjecí stanice.
- Logistické parky – tedy umístění ve stávajících nebo nově vznikajících logistických parcích.

Vybraná čtyři kritéria jsou klíčová a nejvíce relevantní pro konkrétní rozhodovací proces nebo situaci, zároveň přímo souvisejí s cíli práce. Začlenění kritéria Stavební náklady je v první fázi hledání nepoužitelné, protože stavební náklady lze kalkulovat na základě zvoleného umístění. Také další kritéria v pořadí důležitosti mají malou preferenci, a navíc jsou těžko ohodnotitelná.

4.2 Analýza a formulace problému umístění nabíjecích stanic

Legislativní omezení a vládní restrikce pro vozidla s konvenčním pohonem otevírají cestu pro rozšiřování využití vozidel s alternativním pohonem, zejména podporou nákladních vozidel s elektropohonem, a tím k nutnosti rozšiřování počtu nabíjecích stanic. Částečně lze využít zkušeností z rozšiřující se elektromobility osobních aut, avšak v oblasti nabíjecích stanic pro nákladní auta to není možné. Zatímco u osobních vozidel lze využít městskou infrastrukturu, nákupní střediska, centra zábavy apod, pro nákladní vozidla tato místa nelze využít s ohledem na omezení průjezdnosti v centrech měst a je tedy potřeba umístit nabíjecí stanice s ohledem na možnosti nákladních vozidel. Jde o oblast, která je zatížena určitou mírou nejistoty a neznáma ve využívání vozidel a v umístění dobíjecích stanic. Vzhledem k této nejistotě je vhodné využít metod systémové analýzy a operačního výzkumu pro volbu nejvhodnějšího umístění nabíjecích stanic a případně i jejich výbavy.

4.2.1 Postup hledání umístění nabíjecích stanic

Pro nalezení vhodné lokace nabíjecích stanic je nutné definovat požadavky řešení, které by měly reflektovat kritéria vybraná na základě modelu ANP. Vezmeme v úvahu první 4 kritéria podle váhy:

- Dobíjecí schopnost.
- Vzdálenost od rozvodné stanice.
- Rozšíření kapacity.
- Logistické parky.

Bylo by tedy vhodné umístit nabíjecí stanice do logistických parků, které jsou schopny minimalizovat dopady s vybudováním nabíjecích stanic, a splňují i všechna tři další kritéria. Zároveň je třeba uvědomit si, že jednotlivé dopravní firmy budou muset mít nabíjecí stanice ve svých areálech, protože hlavní nabíjecí cyklus by měl probíhat v nočních hodinách jako možnost pro vyrovnání energetických přebytků, a i s ohledem na pracovní dobu řidiče. V této práci navrhovaná síť nabíjecích stanic by měla sloužit především k nutnému dobíjení aut na trase.

V práci budou vytvořeny dva návrhy vhodného umístění nabíjecích stanic. V prvním návrhu bude uvažováno s umístěním nabíjecích stanic ve stávajících lokacích logistických parků a bude hledáno jejich doplnění. V druhém návrhu je uvažováno s umístěním nabíjecích stanic podle jednotlivých okresů bez ohledu na logistická centra.

Nejprve je nutné zjistit vzdálenosti jednotlivých obcí a logistických parků a stanovit obce s omezenou dostupností vozidly s ohledem na dojezdovou vzdálenost. Zároveň je nutné splnit podmínku, aby se každé vozidlo vždy vrátilo zpět do počátečního uzlu, obecně musíme uvažovat vzdálenost odpovídající polovině celkového dojezdu vozidla. Při simulaci podmínek, které mohou nastat na trase, byly zvoleny tři možné scénáře. Výrobce udává dojezd vozidla 200 km.

1. maximální dojezd 180 km – ideální klimatické a dopravní podmínky a kapacitní rezerva 10 %.
2. průměrný dojezd 156 km – zhoršené podmínky na trase snižují dojezd přibližně o 15 % a kapacitní rezerva 10 %
3. minimální dojezd 132 km – zhoršené klimatické a dopravní podmínky snižují dojezd přibližně o 25 % a kapacitní rezerva 10 %

Navrhovaný model bude pracovat s nejhorším scénářem tedy maximálním dojezdem 132 km (jedna cesta maximálně 66 km).

Jednotlivé požadavky na volbu umístění nabíjecích stanic:

1. Umístění nabíjecí stanice v každém okresu (s ohledem na to, že často doručovací oblasti logistických firem kopírují okresy).
2. Nabíjecí stanice v dosahu max 66 km od každé obce (města).
3. Vzdálenosti jednotlivých míst jsou odvozena z následujících dat:
 - i. Obce v České republice (6254 obcí, měst a městských částí) (CZSO, 2023)
 - ii. Okresy v ČR (76 okresů a 15 obvodů Prahy) (CZSO, 2023),
 - iii. Logistické a skladovací parky (294) (CBRE, 2022)
 - iv. Plánovaná výstavba ŘSD pro Českou republiku (ŘSD, 2023)

Umístění nových lokací nabíjecích stanic bude vybíráno podle následujících pravidel:

- **Maximální využití stávajících logistických parků a objektů.** Předpokládá se, že logistické parky budou mít vlastní nabíjecí stanice.
- **Umístění v souladu s plánovanou výstavbou ŘSD** (ŘSD, 2023) zajistí dostupnost nabíjecích stanic v oblastech s vysokou intenzitou dopravy a může podporovat rozvoj infrastruktury pro nákladní elektromobily na klíčových dopravních koridorech.

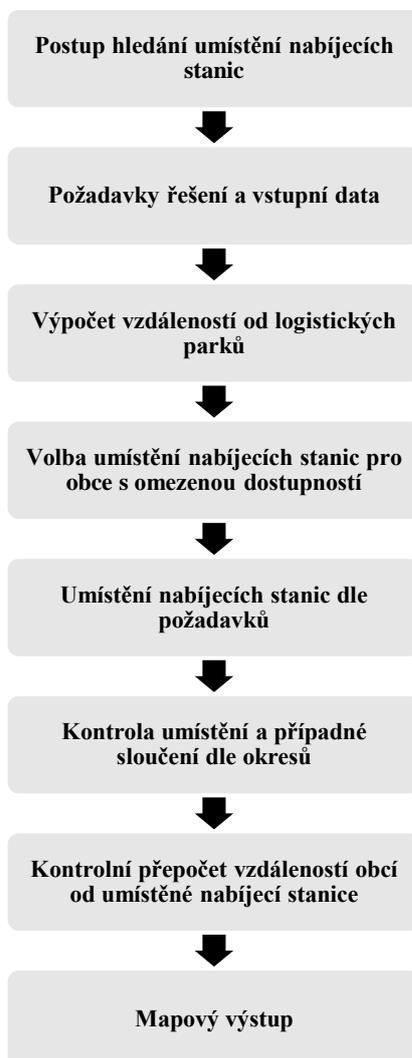
- **Umístění do stávajících kapacitních parkovacích ploch pro nákladní dopravu** umožní nabíjení nákladních elektromobilů v místech, kde dochází k odpočinku řidičů a je tedy možné nabíjet během této doby.
- **Umístění do průmyslových objektů** zajistí dostupnost a možnost nabíjení při vykládkách a nakládkách čímž se sníží možné prostoje vozidla související s nabíjením baterií.
- **Umístění ke stávajícím čerpacím stanicím** zvyšuje dostupnost nabíjecí infrastruktury v blízkosti tradičních čerpacích stanic pro společné využívání stávající infrastruktury.
- **Umístění v obci (městě)** může představovat efektivní a udržitelné řešení nákladní dopravy a současně může zvyšovat dostupnost nabíjecích stanic pro místní obyvatele a firmy.
- **Minimalizace umístění na „zelené louce“** podporuje udržitelný rozvoj elektromobility bez zbytečného narušování přírodních lokalit.

Pro volbu umístění nabíjecích stanic je využit model lokace s kvadratickou účelovou funkcí (53) a souřadnicemi zeměpisná šířka a délka.

4.2.2 Lokace nabíjecích stanic s využitím logistických center

Postup řešení nalezení ideální lokace je zobrazen na obrázku 4. Diagram graficky ukazuje jednotlivé kroky postupu nalezení ideální lokace nabíjecí stanice na základě vstupních parametrů a omezujících podmínek modelu.

Obrázek 4 Postup hledání umístění nabíjecích stanic



Zdroj: vlastní zpracování

V prvním kroku byl vytvořen seznam všech obcí a logistických parků.

V druhém kroku byly určeny vzdálenosti míst pomocí webové aplikace Google Maps Platform (Google, 2020). Pokud byla na dané trase objížďka z důvodu rekonstrukce, může být celková vzdálenost ovlivněna tímto omezením. Získaný kilometrovník je v příloženém CD.

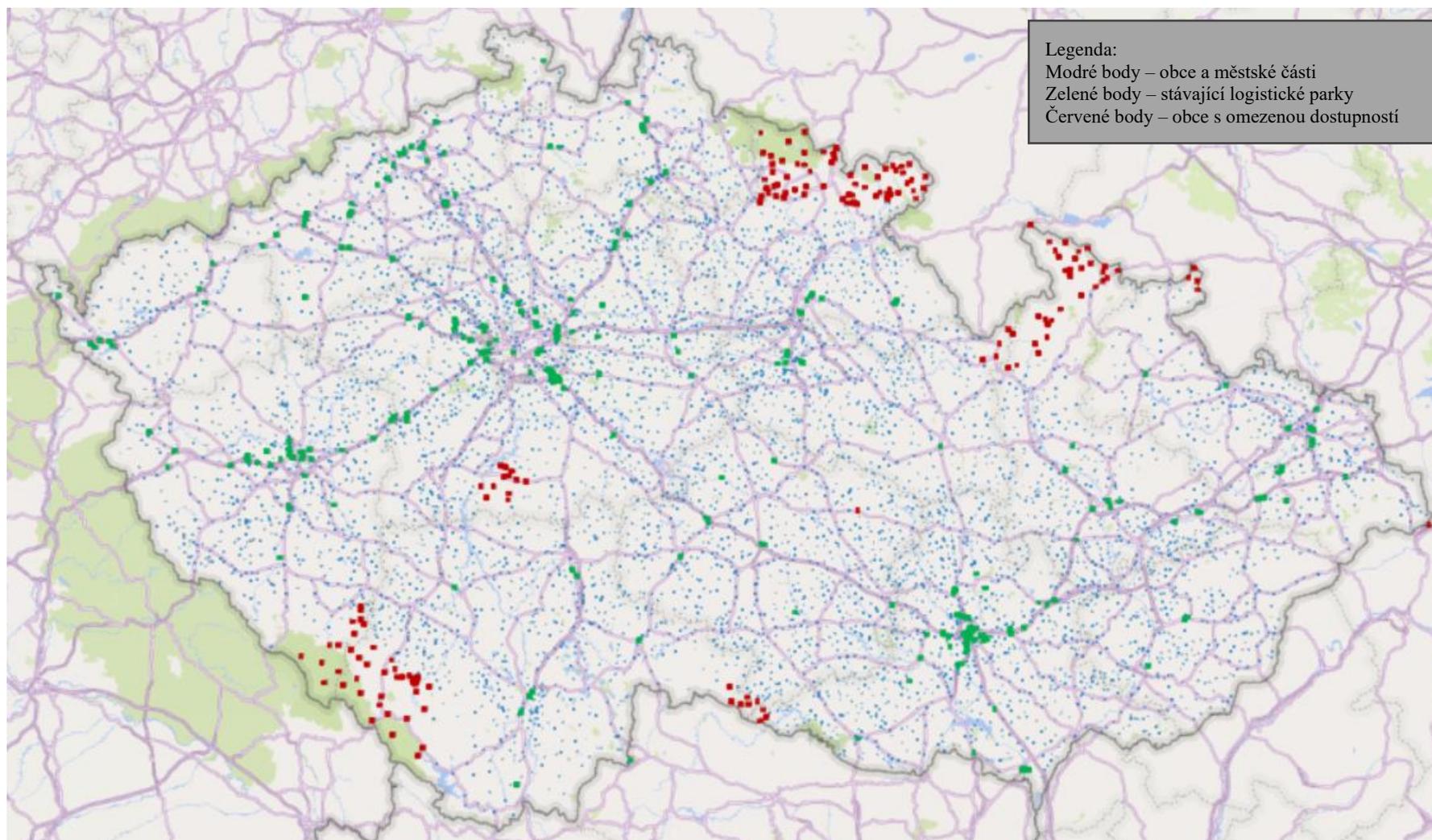
Ve třetím kroku bylo nalezeno 165 obcí s omezenou dostupností k některé z možných nabíjecích stanic. Tabulka 5 uvádí počet obcí, počet stávajících logistických areálů a počet obcí s omezenou dostupností. Obrázek 6 ukazuje situaci na mapě.

Tabulka 5 Počet obcí, počet stávajících logistických areálů a počet obcí s omezenou dostupností

Kraj	Okres	Počet obcí	Počet logistických parků	Počet obcí s omezenou dostupností	Kraj	Okres	Počet obcí	Počet logistických parků	Počet obcí s omezenou dostupností	
Hlavní město Praha	Hlavní město Praha	57			Pardubický kraj	Chrudim	108	1		
	Praha	1	32			Pardubice	120	7		
Jihočeský kraj	České Budějovice	109	3			Svitavy	116	1		
	Český Krumlov	46	1			Ústí nad Orlicí	115		4	
	Jindřichův Hradec	106	2	4	Plzeňský kraj	Domažlice	84			
	Písek	75				Klatovy	94	1	12	
	Prachatice	65		29		Plzeň-jih	90	5		
	Strakonice	112				Plzeň-město	25	13		
Tábor	110	2		Plzeň-sever		98	5			
				Rokycany		68	2			
Jihomoravský kraj	Blansko	116	2		Tachov	51	3			
	Brno-město	30			Středočeský kraj	Benešov	114	6		
	Brno-venkov	187	6			Beroun	85	6		
	Břeclav	63	4			Kladno	100	5		
	Hodonín	82				Kolín	89	3		
Vyškov	80	3		Kutná Hora		88	1			
Znojmo	144	2	3	Mělník		69	1			
Karlovarský kraj	Cheb	40	8			Mladá Boleslav	120	7		
	Karlovy Vary	54	2			Nymburk	87	2		
Královéhradecký kraj	Sokolov	38				Praha-východ	110	9		
	Hradec Králové	104	6			Praha-západ	79	7		
	Jičín	111	1		Příbram	121		12		
	Náchod	78		21	Rakovník	83	2			
Liberecký kraj	Rychnov nad Kněžnou	80	2		Ústecký kraj	Děčín	52	1		
	Trutnov	75		40		Chomutov	44	6		
	Česká Lípa	57	3			Litoměřice	105	4		
	Jablonec nad Nisou	34				Louny	70	5		
	Liberec	60	7			Most	26	4		
Moravskoslezský kraj	Semily	65	1	1		Teplice	34	9		
	Bruntál	67	1	4		Ústí nad Labem	27	7		
	Frydek-Místek	72	2	1		Vysočina	Havíčkův Brod	120	4	
	Karviná	17	1				Jihlava	123	1	
	Nový Jičín	53	3				Pelhřimov	120	4	
Opava	85	2		Třebíč	167		1	2		
Ostrava-město	36	14		Žďár nad Sázavou	173		1	1		
Olomoucký kraj	Jeseník	24		21	Zlínský kraj		Kroměříž	79		
	Olomouc	96	8			Uherské Hradiště	78	1		
	Prostějov	97	1			Vsetín	59			
	Přerov	104	3			Zlín	89	3		
	Šumperk	78		10						

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 5 Počet obcí, počet stávajících logistických areálů a počet obcí s omezenou dostupností



Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Ve čtvrtém kroku byly vybírány lokace nabíjecích stanic na základě požadavků takto:

- Nalezneme obce s omezenou dostupností, to jsou obce jejichž vzdálenost je větší než 66 km od logistického parku.
- Pokud je celkový počet obcí s omezenou dostupností v okrese menší než 10 obcí, bude tento okres přiřazen k sousednímu okrese v daném kraji nebo k sousednímu okrese v sousedním kraji.
- Pokud v daném okrese bylo nalezeno více jak 10 obcí s omezenou dostupností, budou do výpočtu nové lokace nabíjecí stanice zahrnuté pouze tyto obce.
- Pokud v daném okrese bylo nalezeno nejvýše 10 obcí s omezenou dostupností, budou do výpočtu nové lokace nabíjecí stanice zahrnuty všechny obce okresu.

V pátém kroku je zjišťováno, zda takto vybraná umístění nabíjecích stanic jsou dále než 66 km od některých obcí. A v případě, že některé z těchto vzdáleností v některých okresech jsou větší, budou tyto okresy rozděleny na dva samostatné pod okresy.

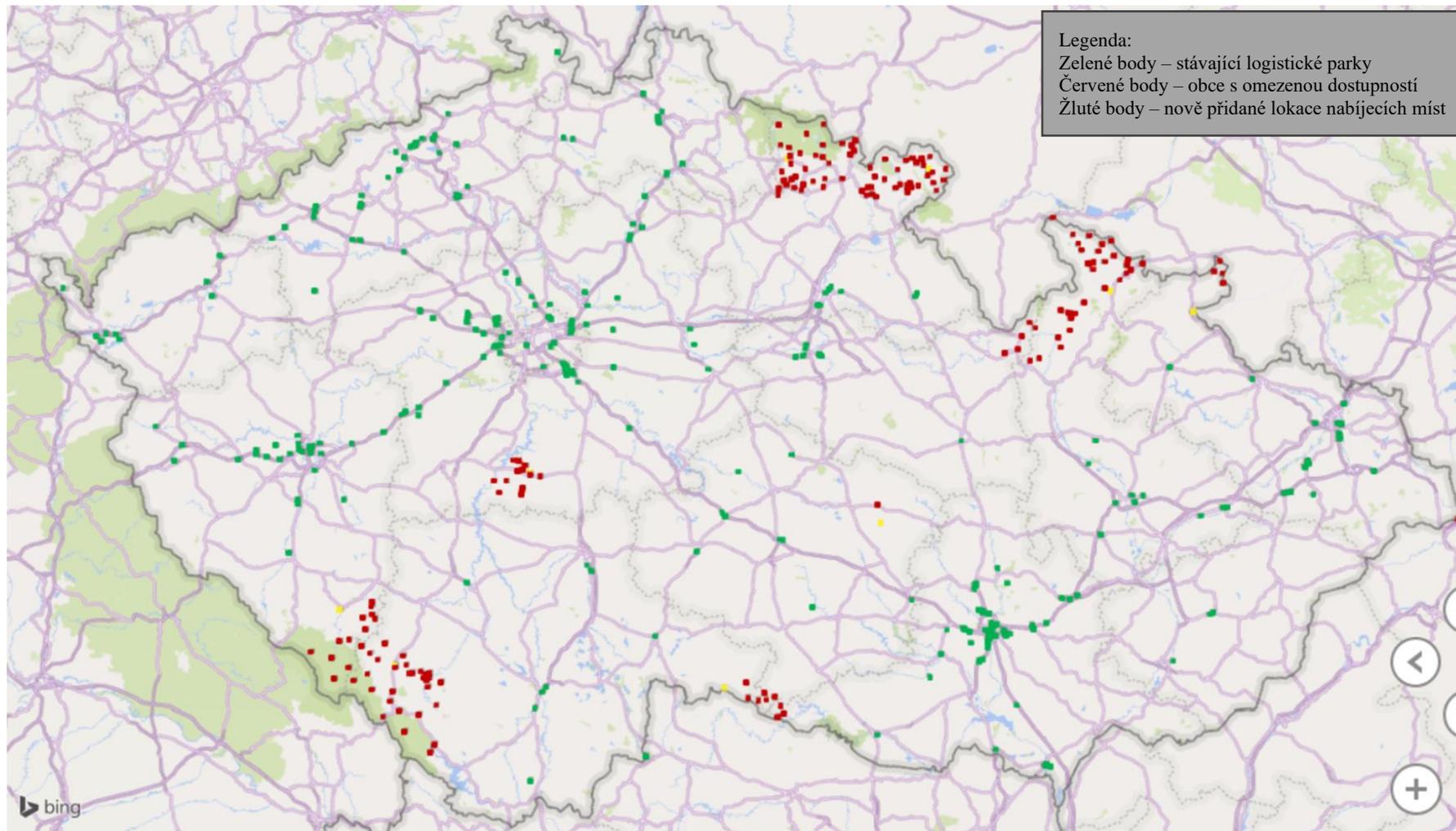
Takto bylo určeno 15 nových lokací pro obce s omezenou dostupností nabíjecí stanice. Tabulka 7 zobrazuje vypočtené lokace ve čtvrtém kroku a úpravu lokací v pátém kroku s ohledem na požadavky modelu. Obrázek 7 ukazuje situaci na mapě.

Tabulka 6 Vypočtená a upravená lokace nabíjecích stanic dle okresů

Okres	Kraj	Vypočtená lokace		Upravená lokace	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
Bruntál _okres	Moravskoslezský kraj	50,27819444	17,70263889	50,15900728	17,57425855
Frydek-Mistek _okres	Moravskoslezský kraj	49,52055556	18,835	49,66998865	18,43487619
Jeseník _okres	Olomoucký kraj	50,31889153	17,14279647	50,22177863	17,1824623
Jindřichův Hradec _okres	Jihočeský kraj	48,97347222	15,49340278	48,99649707	15,34908357
Klatovy _okres	Plzeňský kraj	49,15935185	13,58206019	49,23926958	13,52086933
Náchod _okres	Královéhradecký kraj	50,57414021	16,26445767	50,59070716	16,31858065
Prachatice _okres	Jihočeský kraj	49,0041092	13,82812261	49,06713117	13,78199228
Příbram _okres	Středočeský kraj	49,65310185	14,36555556	49,66692198	14,42349719
Semily _okres	Liberecký kraj	50,531979	15,607598	50,5959925	15,34603183
Šumperk _okres	Olomoucký kraj	50,09652778	16,92830556	50,08062497	16,93685958
Trutnov _okres	Královéhradecký kraj	50,59350694	15,82354861	50,62247994	15,64725362
Třebíč _okres	Vysočina	48,97430556	15,56416667	49,24615051	15,76848675
Ústí nad Orlicí _okres	Pardubický kraj	50,07	16,74597222	49,96600882	16,40498044
Znojmo _okres	Jihomoravský kraj	48,91953704	15,61592593	48,84812086	16,07493434
Žďár nad Sázavou _okres	Vysočina	49,56361111	16,075	49,50952098	16,09027715

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 6 Vypočtená a upravená lokace nabíjecích stanic dle okresů



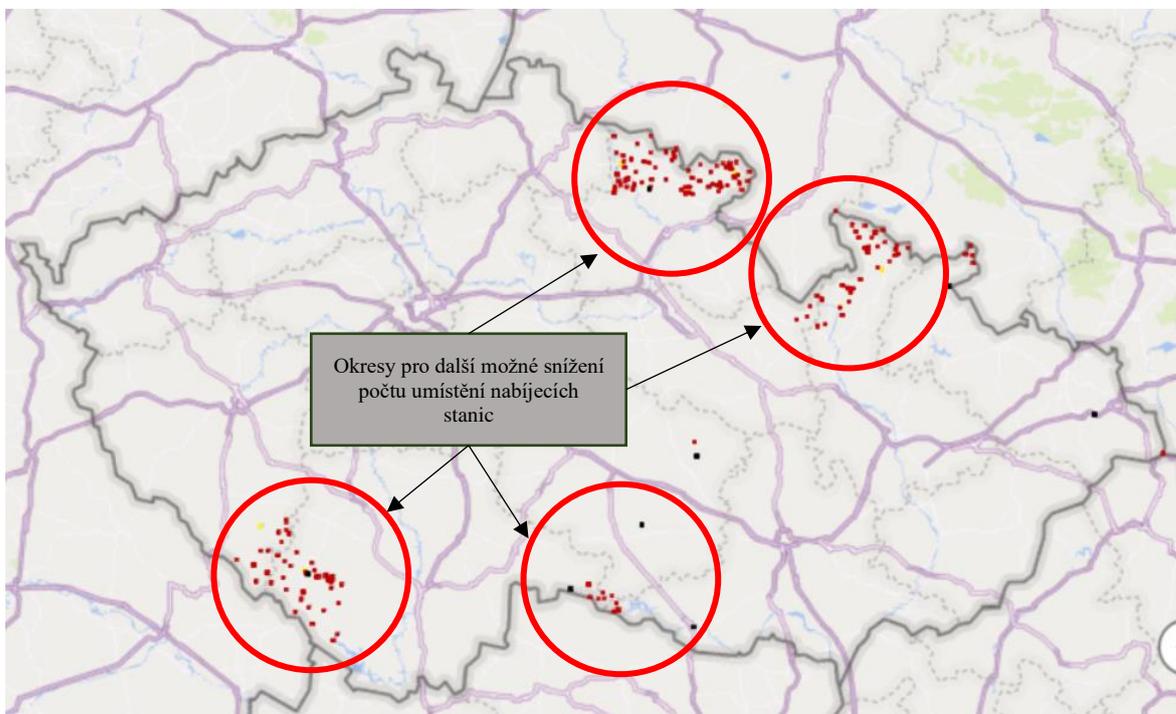
Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

V šestém kroku je znovu kontrolováno navržené umístění nabíjecích stanic z hlediska jejich počtu. Jak je patrné z přehledové mapy (obrázek 7) je možné, že část okresů by se mohla sloučit a tím by se minimalizoval počet nabíjecích stanic. Byly nalezeny 4 oblasti obsahující 2 a více okresů se vzdáleností mezi obcemi menší než 66 km. Jsou to tyto okresy:

- Okr. Klatovy + okr. Prachatice
- Okr. Náchod + okr. Trutnov
- Okr. Jeseník + okr. Šumperk + okr. Ústí nad Orlicí
- Okr. Jindřichův Hradec + okr. Třebíč + okr. Znojmo

Pro tyto sloučené okresy byl aplikován stejný postup výběru umístění nabíjecích stanic.

Obrázek 7 Možné sloučení okresů pro snížení počtu nabíjecích stanic



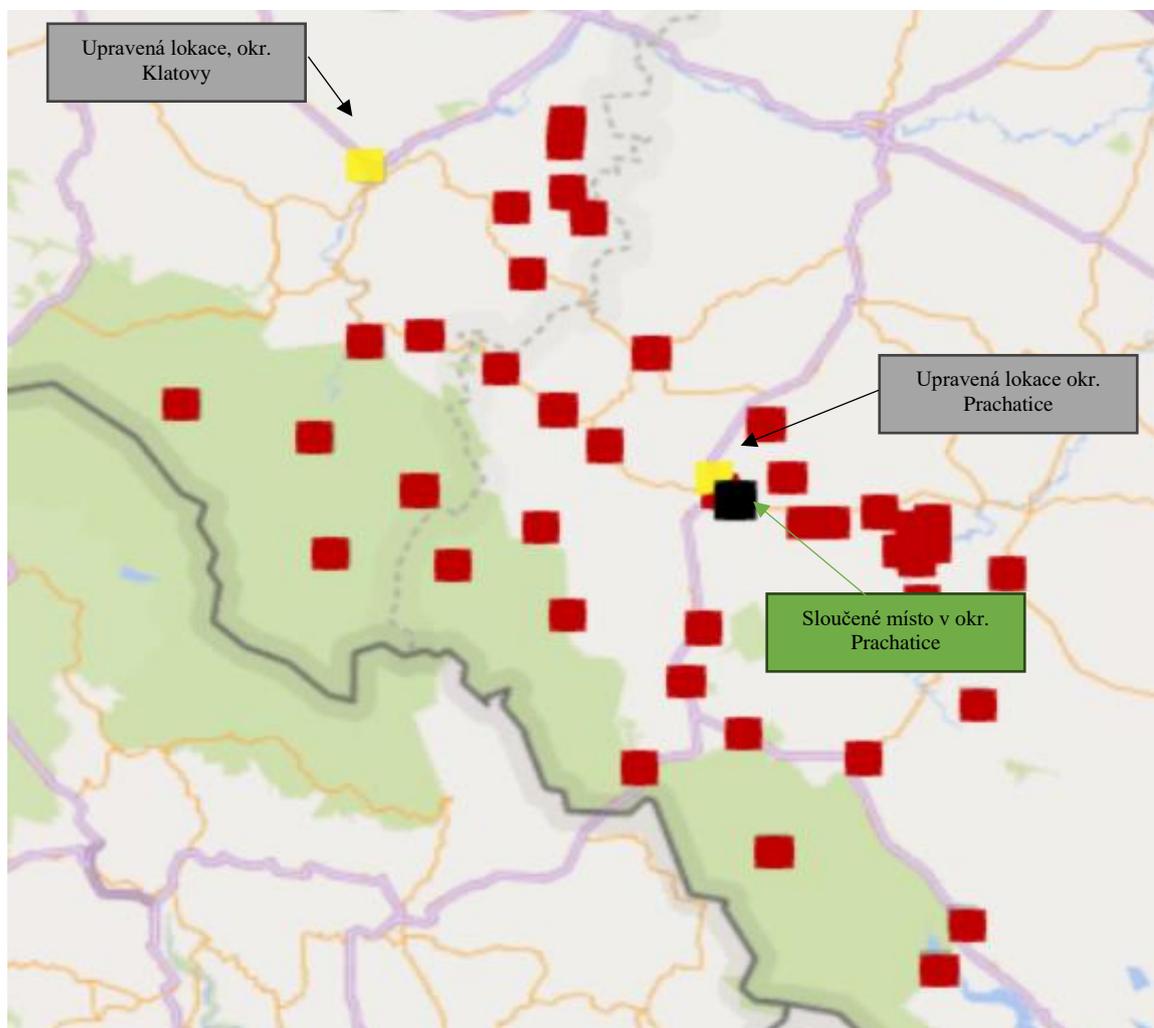
Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Sloučení okresu Klatovy a Prachatice (obrázek 8).

V původním návrhu před minimalizací byly vytvořeny 2 nabíjecí místa pro každý okres. Nabíjecí místo v okrese Klatovy bylo umístěno do průmyslové zóny, je mimo umístění vypočtené lokačním modelem, protože bylo nutno aplikovat pravidlo neumísťování na zelené louce (navíc v CHKO Šumava) a bylo vybráno místo v průmyslové zóně také blíže než 66 km od obcí.

Sloučením a přepočtením vzdáleností pro oba okresy bylo navrženo pouze jedno místo v okrese Prachatice, které bylo navrženo již v předchozím kroku a vyhovuje oběma okresům.

Obrázek 8 Sloučení okresů Klatovy a Prachatice

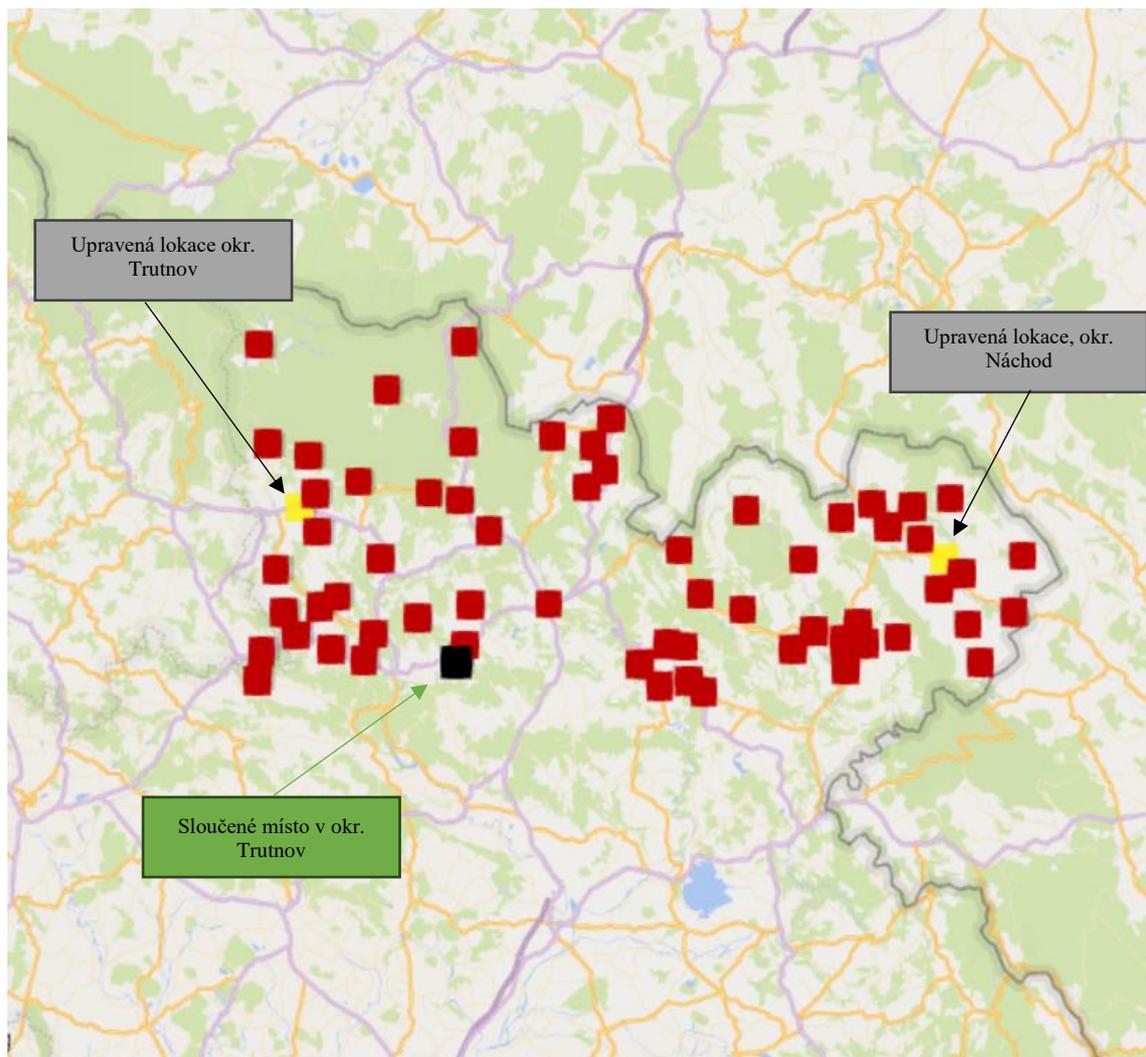


Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Sloučení okresů Náchod a Trutnov (obrázek 9)

V původním návrhu jsou umístěné nabíjecí stanice pro každý okres samostatně, ale vzdálenosti mezi obcemi umožnily navrhnout jen jednu nabíjecí stanici. Podle výpočtu a všech dalších pravidel pro volbu umístění nabíjecí stanice se ukázalo jako nejvhodnější oblast průmyslová zóna u Trutnova.

Obrázek 9 Sloučení okresů Náchod a Trutnov

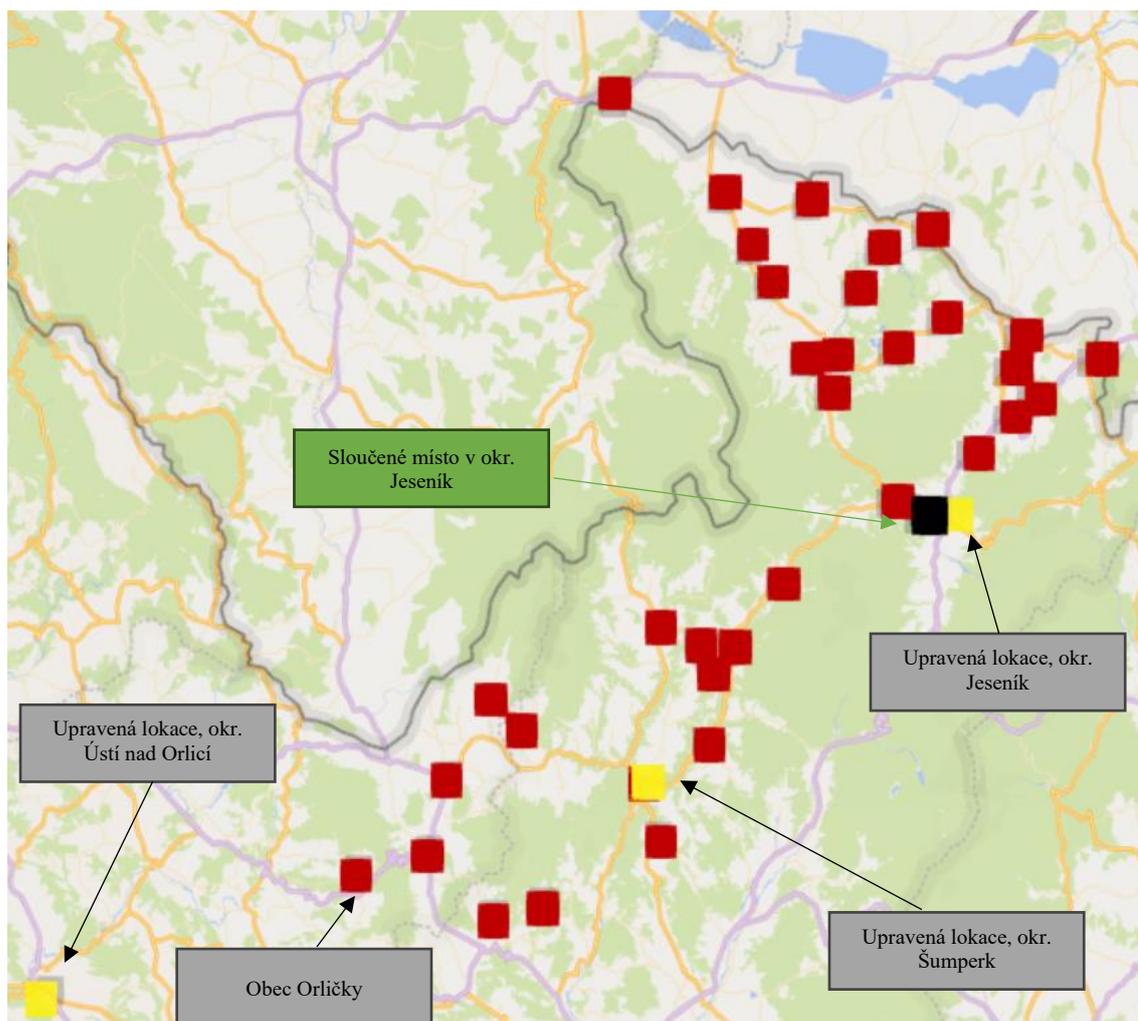


Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Sloučení okresů Ústí nad Orlicí, Šumperk a Jeseník (obrázek 10)

V původním návrhu jsou navrženy nabíjecí stanice pro každý okres, ale vzhledem k vzdálenostem bylo vybráno pouze jedno nabíjecí místo pro tři okresy, a to průmyslová zóna v Jeseníku. Dojezdová vzdálenost mezi nabíjecí stanicí v okrese Jeseník a obcí Orličky (okres Ústí nad Orlicí) je 60 km a splňuje parametry modelu.

Obrázek 10 Sloučení okresů Ústí nad Orlicí, Šumperk a Jeseník

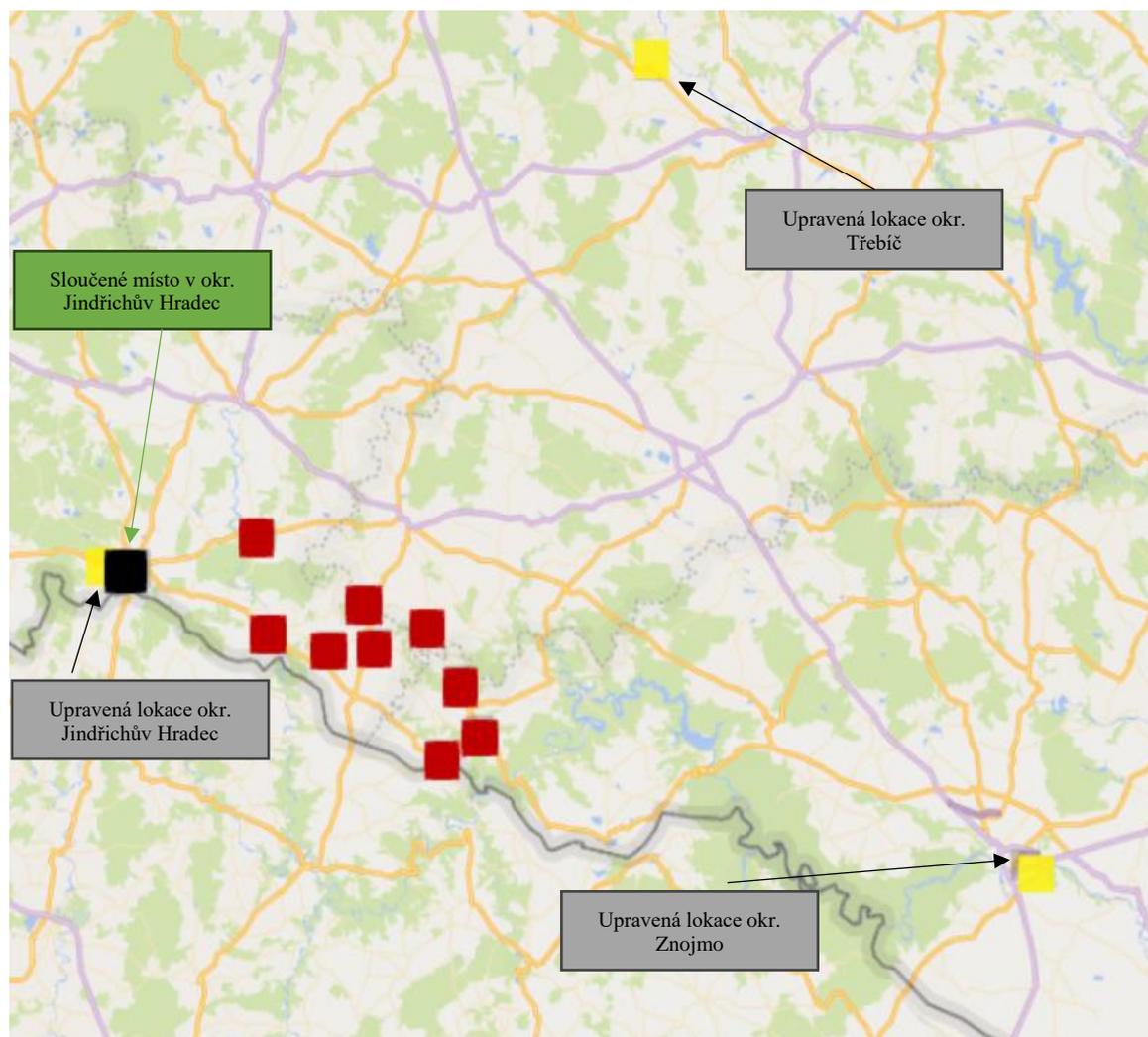


Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Sloučení okresu Jindřichův Hradec, Třebíč a Znojmo (obrázek 11)

Na mapě je vidět pouze 9 obcí které mají velkou vzdálenost od logistických parků. V původním návrhu jsou umístěné nabíjecí stanice pro každý okres, ale stačí pouze nabíjecí stanice v průmyslové zóně Jindřichův Hradec.

Obrázek 11 Sloučení okresu Jindřichův Hradec, Třebíč a Znojmo



Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Tento návrh umístění nabíjecích stanic ukazuje nezbytnost pouze 8 nových nabíjecích míst (tabulka 7), která spolu s nabíjecími místy v logistických parcích splňují všechny požadavky modelu. Bylo tak vybráno 302 umístění nabíjecích stanic pro nákladní elektromobily.

Tabulka 7 Návrh umístění po sloučení okresů

Okres	Kraj	Latitude	Longitude
Bruntál	Moravskoslezský kraj	50,15900728	17,57425855
Frýdek-Místek	Moravskoslezský kraj	49,66998865	18,43487619
Jeseník	Olomoucký kraj	50,52522383	15,81181065
Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,99649707	15,34908357
Prachatice	Jihočeský kraj	49,05447693	13,79816438
Příbram	Středočeský kraj	49,66692198	14,42349719
Trutnov	Královéhradecký kraj	50,52522383	15,81181065
Žďár nad Sázavou	Vysočina	49,50952098	16,09027715

Zdroj: Vlastní zpracování

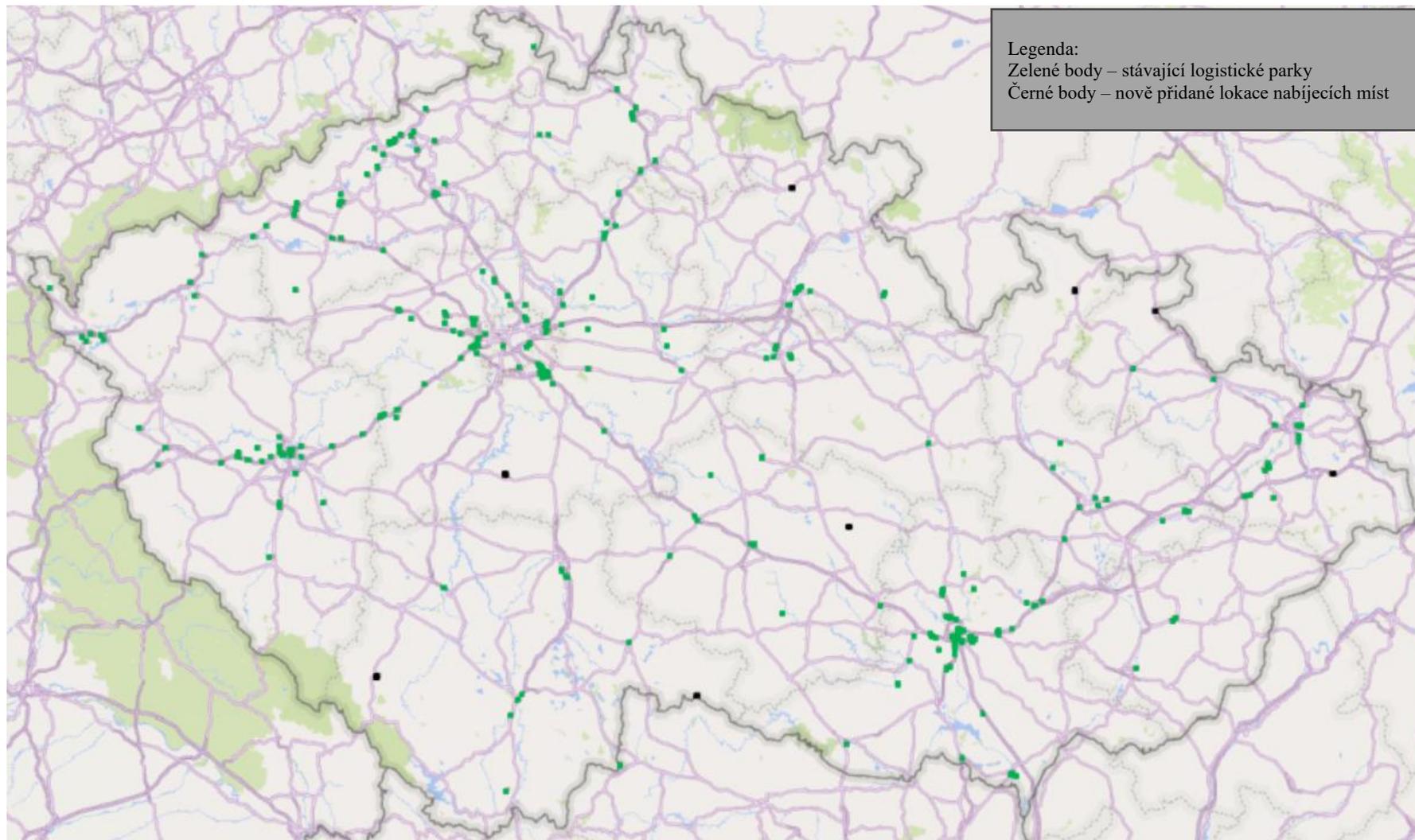
V přehledové tabulce 8 jsou uvedeny nově vzniklé nabíjecí stanice v kontextu stávajících logistických areálů a obcí s omezenou dostupností. Obrázek č. 12 pak vizualizuje celkové řešení 302 možných nabíjecích míst.

Tabulka 8 Celkové řešení možného umístění nabíjecích stanic

Kraj	Okres	Počet obcí	Počet logistických parků	Počet obcí s omezenou dostupností	Nově umístěné nabíjecí stanice	Kraj	Okres	Počet obcí	Počet logistických parků	Počet obcí s omezenou dostupností	Nově umístěné nabíjecí stanice
Hlavní město Praha	Hlavní město Praha	57				Pardubický kraj	Chrudim	108	1		
	Praha	1	32				Pardubice	120	7		
Jihočeský kraj	České Budějovice	109	3				Svitavy	116	1		
	Český Krumlov	46	1				Ústí nad Orlicí	115		4	
	Jindřichův Hradec	106	2	4	1	Plzeňský kraj	Domažlice	84			
	Písek	75					Klatovy	94	1	12	
	Prachovice	65		29	1		Plzeň-jih	90	5		
	Strakonice	112					Plzeň-město	25	13		
Tábor	110	2			Plzeň-sever		98	5			
					Rokycany		68	2			
Jihomoravský kraj	Blansko	116	2			Tachov	51	3			
	Brno-město	30				Benešov	114	6			
	Brno-venkov	187	6			Beroun	85	6			
	Břeclav	63	4			Kladno	100	5			
	Hodonín	82				Kolín	89	3			
	Vyskov	80	3			Kutná Hora	88	1			
Znojmo	144	2	3		Středočeský kraj	Mělník	69	1			
Karlovarský kraj	Cheb	40	8				Mladá Boleslav	120	7		
	Karlovy Vary	54	2				Nymburk	87	2		
	Sokolov	38					Praha-východ	110	9		
Královéhradecký kraj	Hradec Králové	104	6				Praha-západ	79	7		
	Jičín	111	1				Příbram	121		12	1
	Náchod	78		21		Rakovník	83	2			
	Rychnov nad Kněžnou	80	2			Ústecký kraj	Děčín	52	1		
Trutnov	75		40	1	Chomutov		44	6			
Liberecký kraj	Česká Lípa	57	3				Litoměřice	105	4		
	Jablonec nad Nisou	34					Louny	70	5		
	Liberec	60	7				Most	26	4		
	Semily	65	1	1			Teplice	34	9		
Moravskoslezský kraj	Bruntál	67	1	4	1	Ústí nad Labem	27	7			
	Frydek-Místek	72	2	1	1	Havlíkův Brod	120	4			
	Karviná	17	1			Jihlava	123	1			
	Nový Jičín	53	3			Pelhřimov	120	4			
	Opava	85	2			Třebíč	167	1	2		
Olomoucký kraj	Ostrava-město	36	14			Žďár nad Sázavou	173	1	1	1	
	Jeseník	24		21	1	Zlínský kraj	Kroměříž	79			
	Olomouc	96	8				Uherské Hradiště	78	1		
	Prostějov	97	1				Vsetín	59			
Přerov	104	3			Zlín		89	3			
	Šumperk	78		10							

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 12 Celkové řešení možného umístění nabíjecích stanic



Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

4.2.3 Lokace nabíjecích stanic podle okresů

Předcházející model počítá s využitím stávajících logistických parků, což může vést k problémům s dohodami s vlastníky areálů.

Za předpokladu, že jednotlivá depa, odkud vozidla budou vyjíždět na distribuční trasy, budou vybavena nabíjecími stanicemi, je možné vybudovat v okresech pouze minimální počet nabíjecích stanic, které vozidla využijí pouze pro nabití akumulátorů potřebné k dojetí do výchozí depa.

Jednotlivé požadavky modelu a omezující podmínky jsou tedy:

1. Nabíjecí stanice v každém okresu.
2. Nabíjecí stanice v dosahu max 66 km od každé obce (města).
3. Umístění nových lokací nabíjecích stanic v tomto pořadí:
 - Umístění v souladu s plánovanou výstavbou ŘSD (ŘSD, 2023).
 - Umístění v logistických parcích a objektech.
 - Umístění do stávajících kapacitních parkovacích ploch pro nákladní dopravu.
 - Umístění do průmyslových objektů.
 - Umístění ke stávajícím čerpacím stanicím.
 - Umístění v obci (městě).
4. Minimalizace umístění na „zelené louce“.

Výpočet lokací nabíjecích stanic v tomto případě je založena na nalezení ideálního středu, který bude následně přezkoumán z hlediska požadavků. Jednotlivé obce budou zkontrolovány dle vzdálenosti k nabíjecí stanici pro zajištění podmínky maximální vzdálenosti pro jednotlivé obce 66 Km k nabíjecí stanici.

Postup řešení nalezení ideální lokace je zobrazen na obrázku 13. Diagram graficky ukazuje jednotlivé kroky postupu nalezení ideální lokace nabíjecí stanice na základě vstupních parametrů a omezujících podmínek modelu.

Obrázek 13 Postup hledání umístění nabíjecích stanic podle okresů

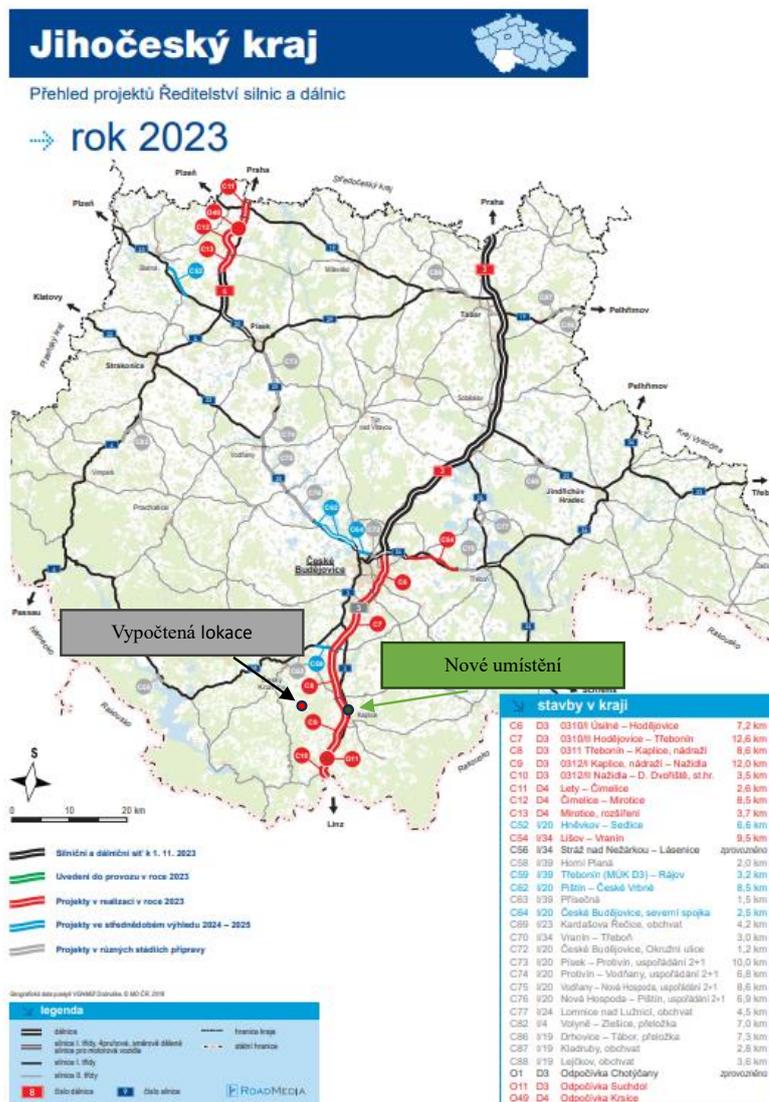


Zdroj: vlastní zpracování

Příklad volby umístění nabíjecí stanice pro okres Český Krumlov (obrázek č 14).

Ideální centrum vypočítané podle kvadratické účelové funkce se nachází na GPS souřadnicích 48.7658031400966 14.3540277777778. To je místo, kde není žádná infrastruktura. Na základě předpokladů modelů byla hledána nejbližší vhodné umístění, a to je budoucí nabíjecí stanice umístěná v blízkosti výstavby dálnice D3 Kaplice (silnice D3, 0312/I Kaplice-nádraží – Nažidla)

Obrázek 14 Příklad volby umístění nabíjecí stanice pro okres Český Krumlov



Zdroj: Mapový podklad ŘSD, 2023, vlastní zpracování

Nalezené lokace nabíjecích stanic v jednotlivých okresech jsou uvedeny v tabulce 9. Na přiložené přehledové mapě (obrázek 15) jsou znázorněny lokace umístění nabíjecích stanic dle možnosti umístění:

- Stávající logistické parky (zelená),
- Nové lokace na základě plánované výstavby v ČR (ŘSD) (modrá),
- Nově přidané lokace dle omezujících podmínek a parametrů modelu (fialová),
- Vypočtené lokace (červená).

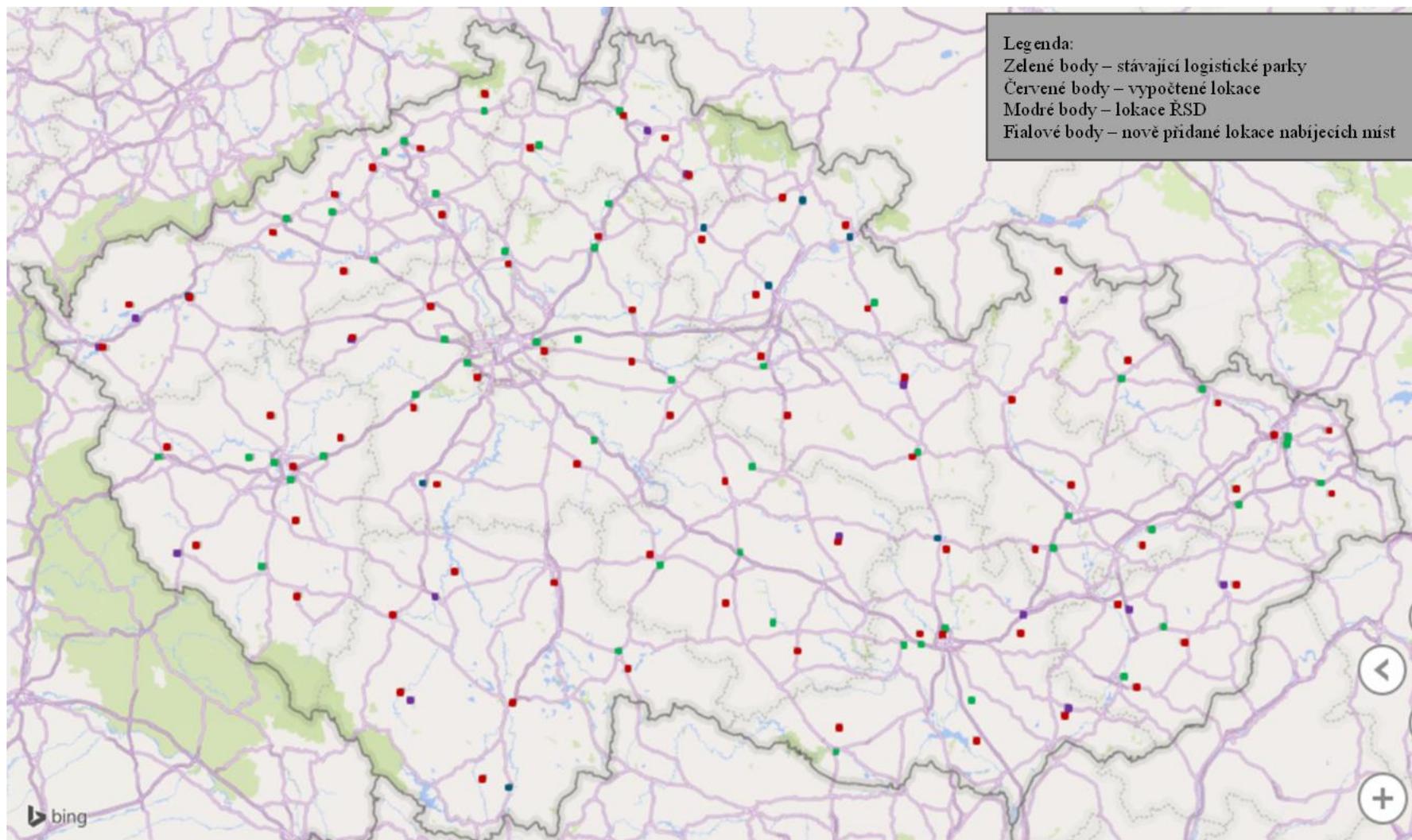
Tabulka 9 Návrh umístění nabíjecích stanic podle okresů

Okres	Kraj	Vypočtená lokace	Upravená lokace	Umístění	ŘSD	Logistické parky	Nové umístění
České Budějovice	Jihočeský kraj	48.9990435300714 14.4976062150867	48.998374294593695, 14.500674883435666	VGP park České Budějovice		x	
Český Krumlov	Jihočeský kraj	48.7658031400966 14.3540277777778	48.738700111462464, 14.481639136974374	Kaplice (silnice D3, 0312/1 Kaplice-nádraží - nažďala	C9		
Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	49.1029323899371 15.0622690763958	49.15826077146922, 15.018394284403557	CSP park Jindřichův Hradec		x	
Písek	Jihočeský kraj	49.4007629629629 14.2169037037037	49.32406957995506, 14.12264585344093	Průmyslový park Písek - sever			x
Prachatic	Jihočeský kraj	49.0315769230769 13.9523840996546	49.006249052224, 14.004094688336428	Technické služby Prachatic			x
Strakonice	Jihočeský kraj	49.2673978412698 13.916655535189	49.26809085403066, 13.916279988257353	Průmyslová zóna Strakonice - východ			x
Tábor	Jihočeský kraj	49.3666085858586 14.7019191919192	49.3666085858586 14.7019191919192	Průmyslová zóna Planá nad Lužnicí			x
Blansko	Jihomoravský kraj	49.4688701197318 16.6139210402299	49.502749054092156, 16.57166379226489	Svítlávka (silnice I/73 Bořítov - Svítlávka)	B6		
Brno-město	Jihomoravský kraj	49.2090287711111 16.596677096296	49.2274315781185 16.6068830435751	Výrobní prostor Brno Královo Pole		x	
Brno-venkov	Jihomoravský kraj	49.2103707024361 16.4831722350565	49.1786135009455 16.4885307925036	Areál Popůvky		x	
Břeclav	Jihomoravský kraj	48.8830137848325 16.7602056560847	48.941717681562 16.7355437292791	Contera park Hustopeče		x	
Hodonín	Jihomoravský kraj	48.958795200542 17.190780610644	48.98334535193924, 17.206843029239685	Průmyslová zóna Vracov - západ			x
Vyškov	Jihomoravský kraj	49.2124498701389 16.9746202437873	49.27006825886448, 16.989833057368234	Průmyslová zóna Vyškov			x
Znojmo	Jihomoravský kraj	48.9234926859568 16.092595529855	48.8481208630697 16.0749343439626	Technopark Znojmo		x	
Cheb	Karlovarský kraj	50.0797617555556 12.5053871584212	50.0785922329186, 12.488027925960465	Průmyslový park Lagarde			x
Karlovy Vary	Karlovarský kraj	50.2282656378601 12.9276077951276	50.23333803422221, 12.920114956345735	Olešová Vrata (Silnice D6, Karlovy Vary - Olešová Vrata)	K6		
Sokolov	Karlovarský kraj	50.207514619883 12.6321013334769	50.1670747504447, 12.664564173814263	Tank ONO, Sokolov			x
Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50.2358499399573 15.6841754895026	50.26367447687476, 15.74919329036596	Věstary (silnice D35, Sadová - Plošnice)	H8		
Jičín	Královéhradecký kraj	50.4004912375375 15.420803796997	50.43680389582284, 15.430541199769031	Úlibice (silnice Úlibice obchvat D35)	H9		
Náchod	Královéhradecký kraj	50.443621497151 16.1238936313571	50.40879511749787, 16.14294991130502	Náchod (silnice I/33 Náchod obchvat)	H55		
Rychnov nad Kněžnou	Královéhradecký kraj	50.1954476458333 16.2289051083333	50.2127326696699 16.2631134770195	CTP park Kvasiny		x	
Trutnov	Královéhradecký kraj	50.5252238340741 15.8118106503704	50.517357701886866, 15.914897036349673	Silnice (D11 Jaroměř - Trutnov)	H4		
Česká Lípa	Liberecký kraj	50.6738547758285 14.5878937795414	50.6815672466579 14.6283066629367	CTP park Zákupy		x	
Jablonec nad Nisou	Liberecký kraj	50.7038235294118 15.2431045751634	50.726630750875074, 15.157037298917803	Armex Oil - čerpací stanice			x
Liberec	Liberecký kraj	50.7696602925926 15.0399303296296	50.783503857765396, 15.020725391973247	P3 Logistics Park Liberec		x	
Semily	Liberecký kraj	50.5929355988034 15.3603417177778	50.59599250063715, 15.346031833703787	M-Tank Čerpací stanice			x
Bruntál	Moravskoslezský kraj	50.0393545804312 17.49948126534	49.9862369854418 17.4666652496085	Výrobní areál Bruntál		x	
Frydek-Místek	Moravskoslezský kraj	49.6378181049383 18.4891023657407	49.6699886487702 18.4348761857088	CTP park Nošovice		x	
Karviná	Moravskoslezský kraj	49.8284703333333 18.4763341960784	49.7857895618734 18.2686958925295	CTP park Karviná		x	
Nový Jičín	Moravskoslezský kraj	49.6533607798742 18.0229138322851	49.6043264287328 18.0379768182221	CTP park Nový Jičín		x	
Opava	Moravskoslezský kraj	49.9115007333333 17.9358997577559	49.9525419500738 17.8573177319481	Skladovací areál Opava		x	
Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	49.8150466675926 18.2109095410494	49.81145152490831, 18.278664514026577	P3 Logistics Park Ostrava		x	
Jeseník	Olomoucký kraj	50.306692125 17.1584191296296	50.22171035351334, 17.182435190815777	Omya CZ TIR parking			x
Olomouc	Olomoucký kraj	49.6628434259259 17.2198277361111	49.5700614710055 17.2064653180194	P3 Olomouc		x	
Prostějov	Olomoucký kraj	49.4686765722795 17.0459183752968	49.4724990945783 17.1358615572309	VGP Park Prostějov		x	
Peršov	Olomoucký kraj	49.480625 17.567719017094	49.5299890529926 17.611325334287	CTP park Lipník nad Bečvou		x	
Šumperk	Olomoucký kraj	49.9205982905983 16.9326103988604	49.92079824004427, 16.933497525655163	Silnice (I/44 Bludov obchvat)	M61		
Chrudim	Pardubický kraj	49.8726646090535 15.8408616255144	49.1764324890937 16.4065791563446	Výrobní skladovací areál Rosice		x	
Pardubice	Pardubický kraj	50.0513968612037 15.707377135848	50.0224764596621 15.7242519184918	Sklad Pardubice		x	
Svitavy	Pardubický kraj	49.7489625239464 16.444551590038	49.7619463375956 16.4747933754979	Industrial park Svítavy		x	
Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	49.9873260628019 16.4103683758454	49.96600882355566, 16.404980435379716	Čerpací stanice Benzina			x

Okres	Kraj	Vypočtená lokace	Upravená lokace	Umístění	ŘSD	Logistické parky	Nové umístění
Domažlice	Plzeňský kraj	49.4804332931217 12.9596917861825	49.45591984348084, 12.867392132372204	Čerpační stanice OMW			x
Klatovy	Plzeňský kraj	49.3261419042553 13.4523479929639	49.4172546286684 13.2770611316181	Panatonni Park Klatovy		x	
Plzeň-jih	Plzeňský kraj	49.5559112797531 13.4427597348726	49.67914050978294, 13.420335491761923	Prologis park Štětovice		x	
Plzeň-město	Plzeňský kraj	49.7181533226667 13.4319657795556	49.7313207122854 13.3418778820188	CTP Park Plzeň		x	
Plzeň-sever	Plzeňský kraj	49.8729362063492 13.3212469535064	49.7482800367761 13.2182311355335	P3 Myslinka		x	
Rokycany	Plzeňský kraj	49.8058292777778 13.6615526323529	49.7515028763525 13.5777907162016	Arete Rokycany		x	
Tachov	Plzeňský kraj	49.7774291938998 12.8159701004656	49.7491244497555 12.7728017127012	CTP Park Bor u Tachova		x	
Benešov	Středočeský kraj	49.7256945331384 14.8155904586532	49.7997705726431 14.8967588973626	CTP park Divišov		x	
Beroun	Středočeský kraj	49.8973529411765 14.0184210331842	49.9388713745967 14.0274247554962	Business park Králův Dvůr		x	
Kladno	Středočeský kraj	50.2029087111111 14.0987089794894	50.1014887712334 14.1675011840315	Panatonni Park Kladno		x	
Kolín	Středočeský kraj	50.0372025318352 15.0805352651288	50.5090189333124 14.9692946687101	Industrial&Logistics Park Kolín		x	
Kutná Hora	Středočeský kraj	49.872922979798 15.2653661616162	49.9811819263271 15.2741436379983	CTP Park Kutná Hora		x	
Mělník	Středočeský kraj	50.3289344331723 14.4790188612868	50.36575887153597, 14.461551366157138	Mělník Port		x	
Mladá Boleslav	Středočeský kraj	50.4114365512037 14.9186827249848	50.3767264942684 14.8977672442848	CT Park Mladá Boleslav II		x	
Nymburk	Středočeský kraj	50.1912441507024 15.0825820994364	50.1025718638182 14.8199049555807	Industrial park Černíky		x	
Praha-východ	Středočeský kraj	50.0670411470707 14.654803649697	50.0941557236764 14.6182324403674	KKIG park Běchovice		x	
Praha-západ	Středočeský kraj	49.9898813113924 14.3292634998623	50.0310019455139 14.2809222570389	Logport Prague West		x	
Příbram	Středočeský kraj	49.6656103187328 14.1323764251607	49.66975534922981, 14.06142436306577	Silnice (D4, Háje - Milín)	S8		
Rakovník	Středočeský kraj	50.1087583668005 13.7200701551426	50.10073146470077, 13.712962267114948	Průmyslová zóna Rakovník západ			x
Děčín	Ústecký kraj	50.8328472222222 14.3643108974359	50.78509219233407, 14.361672357246466	Čerpační stanice Robin Oil		x	
Chomutov	Ústecký kraj	50.4229752073232 13.3311074050505	50.4634130046288 13.4024297656159	Panatonni park Chomutov Nord		x	
Litoměřice	Ústecký kraj	50.4755128156614 14.1575334333365	50.5385643309089 14.1280602396497	Industrial park Litoměřice		x	
Louny	Ústecký kraj	50.3076825396825 13.6797579365079	50.3404949198729 13.8249833262216	CTP Park Louny		x	
Most	Ústecký kraj	50.5361965811966 13.6340491452991	50.4846893508002 13.6208172598276	Sklad Most - Čepirohy		x	
Teplice	Ústecký kraj	50.6153349673203 13.8165527375032	50.6615950011326 13.8765478247438	CTP park Teplice		x	
Ústí nad Labem	Ústecký kraj	50.6729517600823 14.053926054321	50.6939604708422 13.9741241792402	CTP park Ústí nad Labem		x	
Havlíčkův Brod	Vysočina	49.676837962963 15.5344990077912	49.7185745640216 15.668436384935	Průmyslová hala Chotěboř		x	
Jihlava	Vysočina	49.3053410992773 15.5388227625113	49.4588520610034 15.6089551415237	CTP Park Jihlava		x	
Pelhřimov	Vysočina	49.4536960944444 15.1669791652322	49.4204137246307 15.218259312499	Logistické centrum Pelhřimov		x	
Třebíč	Vysočina	49.158133754491 15.8874781950169	49.2461505071954 15.7684867506179	CTP Park Okříšky		x	
Žďár nad Sázavou	Vysočina	49.4905249499037 16.0823895529865	49.5095209799026, 16.09027715024577	Proagro Radešinská Svratka			x
Kroměříž	Zlínský kraj	49.2992014198734 17.4497012869198	49.2859754551703, 17.500849154401024	Odpočívka Kurovice D55			x
Uherské Hradiště	Zlínský kraj	49.0460582435898 17.5404418437322	49.0795058767559 17.4808989109728	Arete Uherské Hradiště		x	
Vsetín	Zlínský kraj	49.3607255969868 18.024058346516	49.36158631772494, 17.961360936085267	Technické služby Vsetín			x
Zlín	Zlínský kraj	49.183452045568 17.7717497329588	49.2310783699277 17.6716753069076	Logistické Centrum Zlín Malenovice		x	

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 15 Mapa vypočtených a upravených umístění nabíjecích stanic



Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

Z přehledové tabulky 9 je vidět, že nabíjecí stanice jsou umístěny podle požadavků takto:

- 9x v lokacích výstavby ŘSD.
- 50x v lokacích stávajících logistických parcích.
- 17x jinde, například v průmyslových areálech, u benzínových pump a na kapacitních parkovištích.

Tato místa by však musela pokrýt požadovanou kapacitu pro nabíjení a jejich rozloha a přilehlá infrastruktura musela být rozšířena.

4.3 Vyhodnocení modelů umístění nabíjecích stanic

Oba použité modely respektují požadavky na lokaci nabíjecích stanic a omezující podmínky, ale z hlediska počtu nabíjecích stanic se jeví jako přijatelnější návrh umístění nabíjecích stanic podle okresů.

Je zde tedy možnost pro vytvoření dvou nabíjecích sítí.

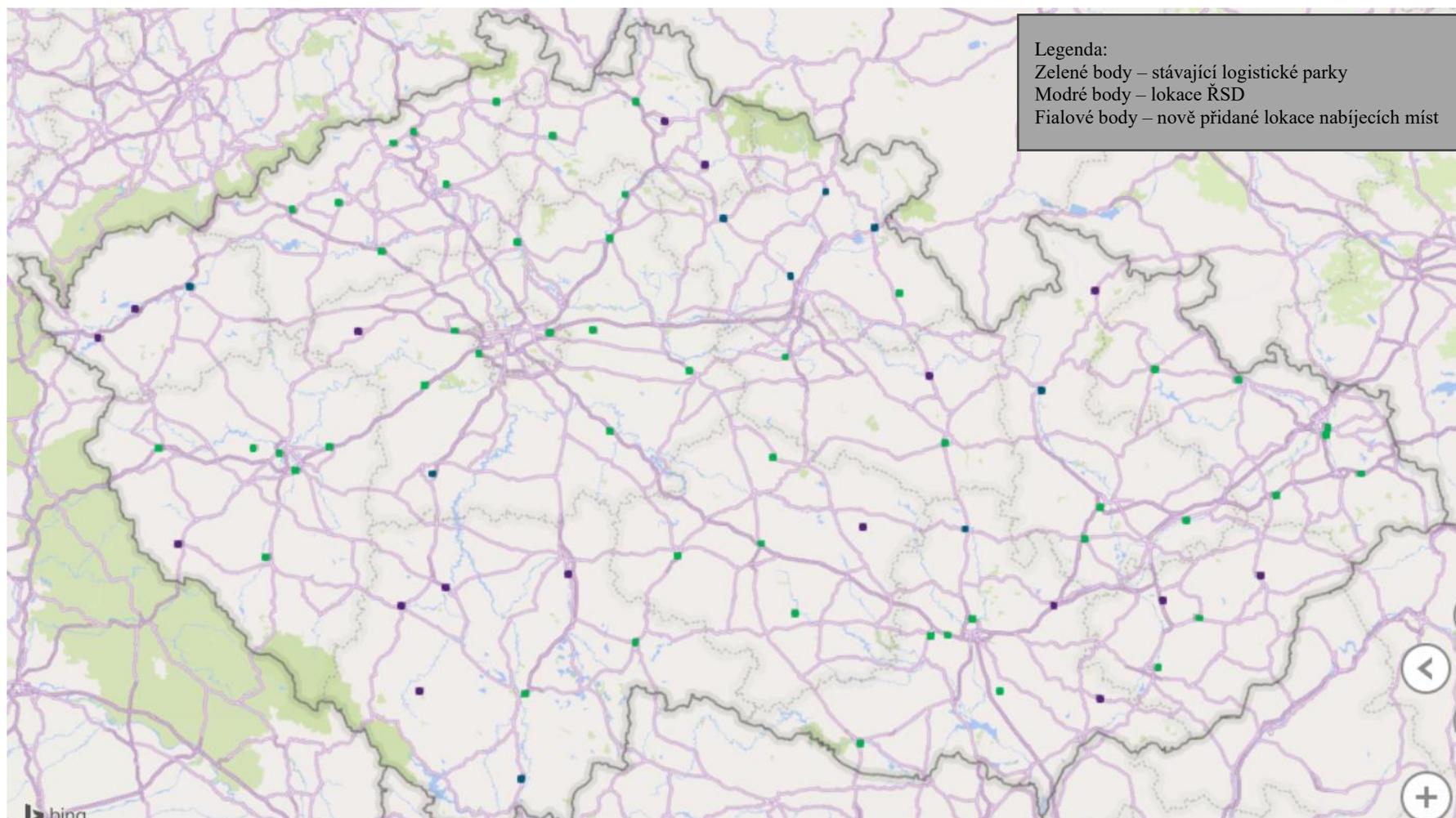
- Primární síť, která zahrnuje 76 nalezených lokací pro jednotlivé okresy.
- Sekundární síť, která by byla tvořena logistickými parky a průmyslovými zónami, které by umožňovaly i nabíjení externích vozidel.

Celkové možné řešení problému umístění nabíjecích stanic na obrázku 16.

Lokace umístění nabíjecích stanic dle možnosti umístění:

- Stávající logistické parky (zelená),
- Nové lokace na základě plánu výstavby ŘSD (modrá),
- Nově přidané lokace dle omezujících podmínek a parametrů modelu (fialová).

Obrázek 16 Návrh možného umístění nabíjecích stanic



Zdroj: Microsoft Excel-Bing, vlastní zpracování

4.4 Verifikace umístění nabíjecích stanic pomocí dopravního okružního problému

Možné využití vozidel s alternativním pohonem je spojeno s určitou mírou nejistoty, která spočívá v kapacitě baterií, které udávají maximální dojezd vozidla. Návrh umístění nabíjecích stanic je nutné otestovat z hlediska možností praktického využití pomocí modelu okružního problému, který bude reflektovat omezení spojená s kapacitou baterií a do nalezeného okruhu zahrne i možná nabíjecí místa. Bohužel nejenom vzdálenost bude jedním z omezujících faktorů kapacity baterií ale i zhoršené klimatické podmínky, dopravní situace na trase a hmotnost nákladu. Hovoříme zde o oblasti, která je zatížena určitou mírou nejistoty, a tedy i s určitou nejistotou v oblasti efektivního využití vozidla, pořizovacích nákladů a návratnosti investice.

Abychom zjistili, zda nově navržené umístění nabíjecích stanic splňuje stanovené požadavky je nutné otestovat řešení na reálných datech. Pro testování na reálných datech byla využita umístění nabíjecích stanic podle okresů, tedy návrh 76 míst nabíjecích stanic. Bylo hledáno řešení víceokružového problému pomocí Mayerovy metody s Clarke-Wrightovou metodou.

V prvním kroku byl proveden výpočet bez aplikace nabíjecích míst, tedy jako pro vozidla s konvenčním pohonem. V druhém kroku byl model doplněn o nabíjecí místa a postup výpočtu kroků pomocí Mayerovy metody byl upraven tak, aby v prvním kroku bylo první doručovací místo vybráno na základě hmotnosti zásilky (klasická metoda počítá se vzdáleností). V druhém kroku už je aplikován standartní postup tedy nalezení dalšího místa nejkratší vzdáleností od první doručovací adresy. Dále byla doplněna možnost dalšího umístění tak, že pokud bude překročena kapacita vozidla při aplikaci nejkratší vzdálenosti od první adresy, může být tato adresa přeskočena a vybrána další adresa ve vzdálenosti do 30 km od posledního doručení (vzdálenost vychází z 66 km dojezdová vzdálenost k nabíjecí stanici dělena dvěma a započtením kapacitní rezervy 10%) Pokud se tedy bude nacházet další adresa v dosahu 30 km je možné ji zařadit do okružního plánu za předpokladu, že nedojde k překročení kapacity vozidla. Tento postup byl zvolen, aby mohlo být vozidlo maximálně využito a zároveň se minimalizovala délka okruhů a počet použitých vozidel.

4.4.1 Použitý model okružního problému

Pro sestavení vhodného modelu dopravního okružního problému je nutné nejprve definovat všechna místa, která mají být navštívena, mezi které musí být zahrnuté další uzly (lokace nabíjecích míst). Uzly nabíjecích míst budou zahrnuty do algoritmu pouze za předpokladu, že bude nutné navštívit nabíjecí stanice pro bezpečný dojezd a pouze na nezbytnou dobu, která bude sloužit pouze k dobití baterií pro bezpečný dojezd do výchozího depa, kde dojde k plnému nabití po odstavení vozidla. Navržený model navrhuje trasy na základě hmotnosti elementů (zásilek), s ohledem na skutečnost že spotřeba je závislá na celkové hmotnosti naložených elementů. Závislost spotřeby na 100 tkm (tunokilometrů) charakterizuje spotřebu paliva pro ujetou vzdálenost a přepravený element. Lze tedy předpokládat podobnou závislost i pro nákladní vozidla s bateriemi.

$$Q'_{tkm} = \frac{Q'_{100}}{m_N} \quad (73)$$

kde:

- Q'_{tkm} spotřeba paliva na 100 tkm (l),
- m_N hmotnost elementu (kg),
- Q'_{100} vzdálenost (100 km).

Jednotlivé omezující podmínky modelu jsou

1. Kapacitní omezení s ohledem na nosnost vozidla (q_1),
2. Čas potřebný pro nakládku jednoho elementu (t_1),
3. Čas potřebný k vykládce jednoho elementu (t_2),
4. Maximální doba řízení vozidla (legislativní omezení) (t_3),
5. Maximální doba pohybu elementu mimo výchozí uzel (legislativní omezení) (T),
6. Průměrná rychlost vozidla v síti v km/h (C),
7. Maximální počet naložených palet (q_2),
8. Jednotlivé elementy jsou odeslány z výchozího uzlu v daném okrese,
9. Ve výpočtu bude adresa vždy pouze jednou,
10. Budou doručeny všechny zásilky,
11. Není stanovena minimální hranice týkající se hmotnosti pro jednotlivé elementy,
12. Vytíženost soupravy nebo kompletu bude maximální,
13. Zahrnutí nové lokace nabíjecích stanic do modelu.

Testování navržených lokací nabíjecích stanic bylo provedeno pro Plzeňský kraj.

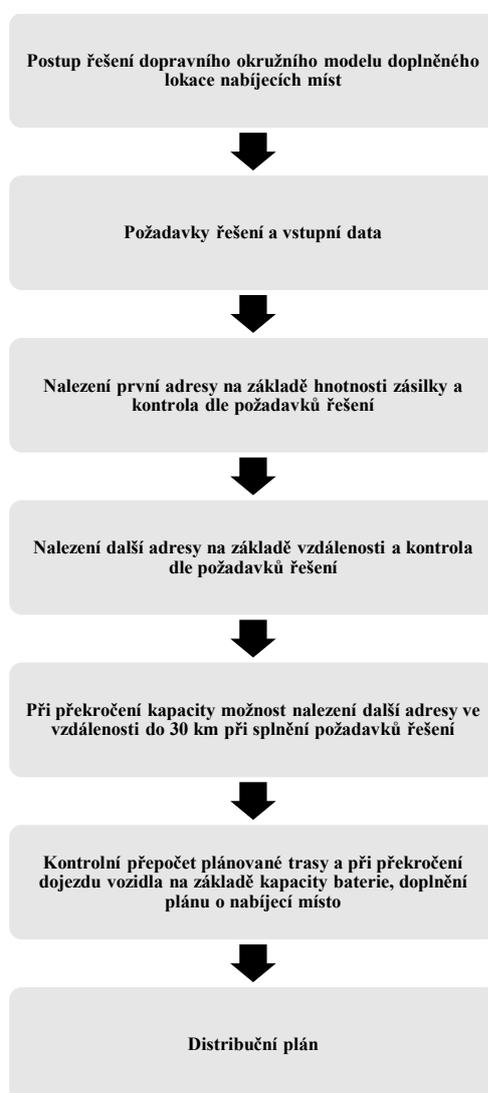
Výpočet modelu je založen na:

- Distribuční plán TPL pro region Plzeňského kraje ze dne 02.06.2022.
- Lokaci nabíjecích stanic určenou navrženým lokačním modelem.
- Modifikovaném modelu Mayerovy metody publikovaném v Diplomové práci (Husinec, 2015).

4.4.2 Postup řešení okružního problému

Postup nalezení nejvhodnějšího řešení okružního problému je zobrazen na obrázku 17.

Obrázek 17 Postup řešení dopravního okružního modelu doplněného o lokace nabíjecích míst



Zdroj: vlastní zpracování

4.4.3 Modifikovaný model Mayerovy metody

Uvedený postup Mayerovy metody zahrnuje pouze kapacitní omezení. Abychom simulovali reálný provoz, doplníme metodu o další omezující podmínky. Označení a typ podmínek byl převzat s Clarke – Wrightovy metody a doplníme je o podmínku maximální pracovní doby řidiče (Husinec, 2015)

Požadavky pro tvorbu okružního dopravního plánu:

- C průměrná rychlost vozidla (km/h),
- t_1 doba potřebná k naložení vozidla ve výchozím depu (min),
- t_2 doba potřebná k vyložení jednoho elementu z vozidla (min),
- t_3 maximální pracovní doba řidiče (hodiny),
- T maximální doba pobytu vozidla mimo výchozí depo V_0 (hodiny),

Vzdálenostní matice jsou přiloženy v příloze 8 a 9 (str. 145)

4.4.4 Dopravní okružní problém bez ohledu na omezení kapacitou baterií

Tabulka 10 Vstupní data modelu

Dodací adresa	Dopravní obslužnost	Město vykládky	PSC	Hmotnost (kg)	PM
Automaty Servis Selecta	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Plzeň	33441	1200	4
Brabec velkoobchod s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Horáždovice	34101	2419,92	4
CORN s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Zbůch	33022	644,46	1
GASTRO Vaizová s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Dolní Bělá	33152	5800,87	11
Imstavex s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Mýto v Čechách	33805	1230	2
Jaroslav Brožka	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Ledce u Plzně	33014	1030	2
Mgr. Drahomíra Václavová	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Erpružice	34901	6062,82	11
PEBAL s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Nýřany	33023	236	1
PEKAŘSTVÍ KURIC s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Holýšov	34562	1600,02	4
PEKAŘSTVÍ PERNAREC s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Pernarec	33036	440	1
Restaurace u Krbu	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Domažlice	34401	192	1
Restaurant Na statku	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Mirošov	33843	169	1
Rina Europe s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Myslinka	33023	134	1
Velkoobchod Václavík s.r.o.	Sólo (2,5-10t, 12-20 pm)	Žihobce	34201	1227,62	2

Zdroj: SW výstup, vlastní zpracování

Vstupní data byla poskytnuta společností TPL Czech s.r.o. Rozvožový plán ze dne 22.06.2022 obsahoval 4 použitá nákladní vozidla s celkovou nosností od 3500 kg do 7500 kg a paletovou kapacitou od 10 do 18 paletových míst (pm). Celková ujetá vzdálenost činila 478,33 km a čas strávený na trase byl 15 hodin a 49 minut. Data byla poskytnuta za účelem

provedení kontrolního výpočtu tras, protože společnost uvažovala o implementaci optimalizačního SW pro plánování tras.

V prvním kroku výpočtu byla stanovena vstupní data (Husinec, 2015):

- Maximální kapacita a hmotnost elementů ve vozidle – vozidlo o celkové kapacitě 18 paletových míst a nosnosti vozidla 7500 kg.
- Celková doba řízení vozidla nesmí přesáhnout 9 hodin.
- Maximální doba pobytu vozidla mimo výchozí depo nesmí přesáhnout 13 hodin pracovního výkonu řidiče.
- Nakládka vozidla je stanovena na 1 hodinu a zahrnuje operace spojené s přistavením, naložením, zajištěním nákladu a převzetím příslušných dokladů k přepravě.
- Průměrná rychlost vozidla (kompletu) v síti je stanovena pro 60 Km/ hodině a na základě vzdálenosti je kalkulován celkový čas pro jízdu vozidla.
- Průměrná vykládka jednoho elementu je stanovena na 5 minut / 1 manipulační jednotka (mj). Na základě toho kalkulován celkový čas potřebný pro vykládku elementů v uzlech.
- Součtem jízdy vozidla a časů pro nakládku a vykládku je definován celkový výkon řidiče, který nesmí přesáhnout 13 hodin v pracovním dni.

V průběhu tvorby okruhu byl každý okruh ukončen v okamžiku, kdy dodávka do dalšího nejbližšího místa překročila kapacitu vozidla.

Trasa I.: začíná zásilkou do obce Žihobce (2 pm; 1227,62 kg) následně pokračuje zásilkou do obce Horažďovice (4 pm; 2419,92 kg). Trasa pokračuje zásilkou do Mirošova (1 pm; 169 kg). Pokračuje do obce Mýto v Čechách (2 pm; 1230 kg) a do obce Ledce u Plzně (2 pm; 1030 kg) vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 227,42 km.

Trasa II.: začíná zásilkou do obce Erpužice (11 pm; 6062,82 kg) následně pokračuje zásilkou do obce Pernarec (1 pm; 440 kg). Vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 77,99 km.

Trasa III.: začíná zásilkou do Domažlic (1 pm; 169 kg) následně pokračuje zásilkou do Holýšova (4 pm; 1600,02 kg). Trasa pokračuje zásilkou do Zbůchu (1 pm; 644,46 kg). Pokračuje do obce Nýřany (1 pm; 236 kg) a do obce Myslinka (1 pm; 134 kg) Poslední vykládka je v Plzni (4 pm; 1200 kg) a vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 115,43 km.

Trasa IV.: trasa má pouze jednu zastávku v Dolní Bělé (11 pm; 5800 Kg) a vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 47,38 km.

V tomto případě byly vytvořeny čtyři okružní trasy (tabulka 11)

Celkový počet Km v distribučním plánu je 468,21 Km

Celkový strávený čas na trase pro všechny trasy 15 hodin 29 minut

Tabulka 11 Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou

Trasa I.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Žihobce	Horažďovice	Mirošov	Mýto v Čechách	Ledce u Plzně	Depo Plzeň	
Vzdálenost	227,42			82,63	16,85	57,98	15,96	38,50	15,50	
Kapacita PM	11,00	7,00		2,00	4,00	1,00	2,00	2,00		
Kapacita Kg	6076,54	1423,46		1227,62	2419,92	169,00	1230,00	1030,00		
T-jízda 9h	3,79	5,21		1,38	0,28	0,97	0,27	0,64	0,26	
T-výkon 13h	2,84	10,16	1,00	0,33	0,67	0,17	0,33	0,33		
T-Celkový 13h	5,63	7,37		1,71	0,95	1,13	0,60	0,98	0,26	
Trasa II.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Erpužice	Pernarec	Depo Plzeň				
Vzdálenost	77,99			39,49	8,79	29,71				
Kapacita PM	12,00	6,00		11,00	1,00					
Kapacita Kg	6502,82	997,18		6062,82	440,00					
T-jízda 9h	1,30	7,70		0,66	0,15	0,50				
T-výkon 13h	3,00	10,00	1,00	1,84	0,17					
T-Celkový 13h	3,30	9,70		2,50	0,31	0,50				
Trasa III.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Domažlice	Holýšov	Zbůch	Nýřany	Myslínka	Plzeň	Depo Plzeň
Vzdálenost	115,43			49,73	25,80	14,09	6,30	5,59	8,29	5,64
Kapacita PM	12,00	6,00		1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	
Kapacita Kg	3983,48	3516,52		169,00	1600,02	644,46	236,00	134,00	1200,00	
T-jízda 9h	1,92	7,08		0,83	0,43	0,23	0,11	0,09	0,14	0,09
T-výkon 13h	3,00	10,00	1,00	0,17	0,67	0,17	0,17	0,17	0,67	
T-Celkový 13h	3,93	9,07		1,00	1,10	0,40	0,27	0,26	0,81	0,09
Trasa IV.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Dolní Bělá	Depo Plzeň					
Vzdálenost	47,38			23,69	23,69					
Kapacita PM	11,00	7,00		11,00						
Kapacita Kg	5800,00	1700,00		5800,00						
T-jízda 9h	0,79	8,21		0,39	0,39					
T-výkon 13h	2,84	10,16	1,00	1,84						
T-Celkový 13h	2,63	10,37		2,23	0,39					

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.5 Okružní dopravní problém s nutností dobíjení

Řešení je nalezeno modifikovanou Mayerovou metodou doplněnou o nabíjecí místa. Aby se předešlo zbytečnému navyšování počtu vozidel, byl postup upraven o možnost přeskočit uzel, pokud další doručovaná zásilka přesáhne volnou kapacitu ve vozidle. Vzdálenost mezi přeskakovanými uzly je stanovena maximálně na 30 km.

Nově přidaná omezující podmínka je ve formě dojezdové vzdálenosti na jedno nabití akumulátorů a je stanovena na 156 km. Po přidání každého nového uzlu je potřeba zkontrolovat, zda je splněna podmínka dojezdu do depa nebo případně dojezdu k nabíjecí stanici. Navrhované nabíjecí stanice pro Plzeňský kraj v tabulce 12.

Oproti modifikovanému algoritmu Mayerovy metody nový algoritmus pracuje v prvním kroku s nejvyšší hmotností. Na základě prokázané závislosti, kdy s ohledem na hmotnost elementu se mění spotřeba vozidla. Aby nedocházelo ke zbytečnému pohybu v síti s vysokou hmotností, jsou tyto elementy doručeny jako první. Následně výpočet postupuje jako u standardní Mayerovy metody, tedy hledá nejbližší uzel na základě vzdálenosti.

Tabulka 12 Navrhované nabíjecí stanice pro Plzeňský kraj

Okres	Kraj	Umístění	Umístění
Domažlice	Plzeňský kraj	49.45591984348084, 12.867392132372204	Čerpací stanice OMW
Klatovy	Plzeňský kraj	49.4172546286684 13.2770611316181	Panattoni Park Klatovy
Plzeň-jih	Plzeňský kraj	49.67914050978294 13.420335491761923	Prologis park Štěnovice
Plzeň-město	Plzeňský kraj	49.7313207122854 13.3418778820188	CTP Park Plzeň
Plzeň-sever	Plzeňský kraj	49.7482800367761 13.2182311355335	P3 Myslinka
Rokycany	Plzeňský kraj	49.7515028763525 13.5777907162016	Arete Rokycany
Tachov	Plzeňský kraj	49.7491244497555 12.7728017127012	CTP Park Bor u Tachova

Zdroj: Vlastní zpracování

Přeskakování uzlů – trasa I.:

V prvním kroku je tedy zařazena dodávka do Erpužic (11 pm; 6062,82 kg) následuje podle nejbližší vzdálenosti další dodávka do Pernarce (1 pm; 440 kg). Celková kapacita 6502,20 kg. Další možná dodávka podle vzdálenosti je do Dolní Bělé (11 pm; 5800,87kg). Zde ale dochází jak překročení váhové, tak i paletové kapacity vozidla. Proto je přistoupeno k prohledání dalšího uzlu do maximální vzdálenosti 30 km a je nalezen alternativní uzel Ledce u Plzně (2 pm; 1200 kg). I zde dochází k překročení kapacity a další možný uzel je Myslinka (1PM, 134 kg). Poslední dodávka je do Nýřany (1 pm; 236 kg) ve vzdálenosti 28,93 km, je tedy splněna podmínka vzdálenosti do 30 km. Vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 89,20 km.

Zahrnutí nabíjecí stanice – trasa III.

Trasa začíná dodávkou do Horažďovic (4 pm; 2419,92Kg) následně pokračuje dodávkou do obce Žihobce (2 pm; 1227,62 Kg). Trasa pokračuje dodávkou do Domažlic (1 pm; 192 Kg). Celková ujetá vzdálenost je nyní 155,67 Km. Je tedy vyčerpaná kapacita baterie. Proto je doplněno do trasy nabíjecí místo v Domažlicích Výrobce vozidla uvádí nabití baterie za hodinu na 80% celkové kapacity. Řidič tedy může vykonat bezpečnostní pauzu v délce 1 hodiny. Následně je přepočítána nová dojezdová vzdálenost. Vozidlo pokračuje dodávkou do Holýšova (4 pm; 1600,02 kg). Trasa pokračuje dodávkou do Plzně (4 pm; 1200 kg) a vozidlo se vrací zpět do depa v Plzni. Celková ujetá vzdálenost 216,39 km

Při výpočtu trasy II. a IV. nebylo potřeba přeskakovat uzly ani doplňovat nabíjecí stanice, proto výpočet není uveden.

V tomto případě byly vytvořeny čtyři okružní trasy (tabulka13)

Celkový počet Km v distribučním plánu je 463,12 Km

Celkový strávený čas na trase pro všechny trasy 16 hodin 14 minut

Tabulka 13 Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou doplněnou o přeskokování a nabíjecí stanice

Trasa I.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Erpužice	Pernarec	Myslinka	Nýřany	Depo Plzeň			
Vzdálenost	89,20	90,80		39,49	8,78	23,34	5,59	12,00			
Kapacita PM	14,00	4,00		11,00	1,00	1,00	1,00				
Kapacita Kg	6872,82	627,18		6062,82	440,00	134,00	236,00				
T-jízda 9h	1,49	7,51		0,66	0,15	0,39	0,09	0,20			
T-výkon 13h	2,34	9,66	1,00	1,84	0,17	0,17	0,17	0,00			
T-Celkový 13h	3,82	9,18		2,50	0,31	0,56	0,26	0,20			
Trasa II.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Dolní Bělá	Ledce u Plzně	Zbůch	Depo Plzeň				
Vzdálenost	64,95	115,05		23,69	7,68	23,24	10,34				
Kapacita PM	14,00	4,00		11,00	2,00	1,00					
Kapacita Kg	7475,33	24,67		5800,87	1030,00	644,46					
T-jízda 9h	1,08	7,92		0,39	0,13	0,39	0,17				
T-výkon 13h	2,34	9,66	1,00	1,84	0,33	0,17	0,00				
T-Celkový 13h	3,42	9,58		2,23	0,46	0,55	0,17				
Trasa III.	Celkem	Omezující podmínky	Nový dojezd po nabití	Nakládka	Horažďovice	Žihobce	Domažlice	NB Domažlice	Holýšov	Plzeň	Depo Plzeň
Vzdálenost	216,39	126,82	163,21		66,06	16,85	72,76	5,12	25,98	23,98	5,64
Kapacita PM	15,00	3,00			4,00	2,00	1,00		4,00	4,00	
Kapacita Kg	6639,56	860,44			2419,92	1227,62	192,00		1600,02	1200,00	
T-jízda 9h	3,61	5,39			1,10	0,28	1,21	0,09	0,43	0,40	0,09
T-výkon 13h	3,51	8,50		1,00	0,67	0,33	0,17	1,00	0,67	0,67	
T-Celkový 13h	7,11	5,89			1,77	0,61	1,38	1,09	1,10	1,07	0,09
Trasa IV.	Celkem	Omezující podmínky	Nakládka	Mýto v Čechách	Mirošov	Depo Plzeň					
Vzdálenost	92,58	87,42		39,51	15,96	37,11					
Kapacita PM	2,00	16,00		1,00	1,00						
Kapacita Kg	1399,00	6101,00		1230,00	169,00						
T-jízda 9h	1,54	7,46		0,66	0,27	0,62					
T-výkon 13h	0,33	11,67	1,00	0,17	0,17	0,00					
T-Celkový 13h	1,88	11,12		0,83	0,43	0,62					

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.6 Vyhodnocení lokace nabíjecích stanic

Pro srovnání obou řešení byl použit skutečný plán rozvozu ze dne 22.06.2022. Skutečný plán rozvozu ve firmě TPL nebyl optimalizován, ale byl vytvořen na základě dosavadních zkušeností dispečera, proto je nejdelší.

Délka okruhů vytvořených Mayerovou metodou je proto kratší.

Třetí navržené okruhy jsou dokonce ještě kratší, přestože při jejich tvorbě bylo bráno v úvahu více omezení. Je to proto že v jednotlivých krocích Mayerovy metody byl každý okruh ukončen v okamžiku, kdy dodávka do dalšího nejbližšího místa překročila kapacitu vozidla.

Tabulka 14 Vyhodnocení jednotlivých plánů

	Celková vzdálenost	Počet využitých vozidel	Celkový čas	Km / výchozí stav	Čas / výchozí řešení
Skutečný plán rozvozu ze dne 22.06.2022	478,33	4	15 hodin 49 minut	n/a	n/a
Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou	468,21	4	15 hodin 29 minut	98%	98%
Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou doplněnou o přeskokování a nabíjecí stanice	463,12	4	16 hodin 14 minut	97%	103%

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky Mayerovy metody s přeskokováním a doplněním nabíjecích stanic ukázaly vhodnost umístění nabíjecích stanic. Celkové zhodnocení ukázalo, že takto navržené okruhy způsobily nárůst doby strávené mimo výchozí uzel jen o 3 %, což bylo způsobeno dobou strávenou dobíjením vozidla v nabíjecí stanici v Domažlicích, při níž řidič odpočíval.

I když tato rozšířená Mayerova metoda byla použita pouze k ověření volby umístění nabíjecích stanic může být použita pro plánování distribuce s využitím elektrovozidel.

5 Diskuze

Silniční doprava je zodpovědná přibližně za 5 % současných evropských emisí skleníkových plynů. Legislativa Evropské unie (EU) vyžaduje, aby se emise CO₂ z nově registrovaných těžkých nákladních vozidel do roku 2030 snížily o 30 % ve srovnání se současnou úrovní (EU). Aby tohoto cíle bylo možné dosáhnout, je nutné minimalizovat dopad konvenční nákladní dopravy. Analýzy ukazují, že je to možné pouze při použití vozidel s nulovými emisemi, tj. nákladních vozidel na elektrický nebo vodíkový pohon (Breed, Speth a Plötz, 2021). Současný výzkum ukazuje, že chybí nabíjecí infrastruktura, jejíž rozvoj je nezbytný pro rozšíření bateriových elektrických nákladních vozidel (Nykvist a Olsson, 2021).

Modely založené na dopravních uzlech jsou tzn. modely p-mediánu, kde jsou nabíjecí stanice umístěné v uzlech tak, aby požadavek sousedních uzlů mohl být splněn s minimální ujetou vzdáleností (Deb, Tammi, Kalita a Pinakeshwar Mahanta, 2018). Další přístup je Hakimiho algoritmus (Hakimi, 1964), který byl použit k určení optimální polohy policejních stanic v silniční síti. Takovéto přístupy lze tedy použít i pro volbu umístění nabíjecích stanic pro elektromobily. U modelů založených na uzlech se předpokládá, že nabíjecí stanice pokrývá určitou oblast. Proto se obvykle modeluje poměrně hustá nabíjecí síť s mnoha nabíjecími body. Nabíjecí stanice mohou být umístěny v pravidelných vzdálenostech a jejich velikost může být závislá na intenzitě provozu pro sousední uzly (Speth, Plötz a kol., 2022). Důraz tedy nemusí být kladen na minimalizaci nabíjecích míst ale na jejich dimenzování. Pro aplikaci modelu je vždy vyžadován objem provozu v jednotlivých uzlech (Speth a Funke, 2021).

Pokud bychom ale uvažovali stejným způsobem, museli bychom umístit nabíjecí stanice do velkého počtu míst, a tím by se zvýšily náklady na výstavbu nabíjecích stanic. Tento přístup by bylo možné uplatnit u nabíjecích stanic pro osobní vozidla, protože zde není centrální místo, kde by mohly být elektrovozy nabíjeny během nočních hodin.

Navržený přístup naopak počítá s minimálním počtem nabíjecích stanic, neboť v takovém případě je možné se zaměřit na místa, která jsou velmi vhodná svojí infrastrukturou. Za předpokladu že každá dopravní firma bude mít vlastní nabíjecí stanici, kdy bude docházet k nabíjení v nočních hodinách a tím bude minimalizovat dopad neefektivity řidiče a vozidla spojené s prostoji při nabíjení, je dle mého názoru možné minimalizovat počet nabíjecích míst.

Naproti tomu modely založené na dopravních hranách vycházejí z velikosti dopravních toků v rámci sítě a snaží se maximálně pokrýt požadavky projíždějících automobilů s minimem nabíjecích stanic (Hodgson, 1990). V roce 2013 byl představen model nabíjecích stanic pro Barcelonu, kde došlo k umístění pouze 27 nabíjecích stanic, který by zabezpečil poptávku 92 % uvažovaných toků (Rios, Ramos a Zambrano, 2015), obecná myšlenka umístění tak, aby bylo možné dodat maximum do předem známých cest, tedy systémem start-cíl s pevným počtem stanic, zůstává stejná (Kuby a Lim, 2005; Lim a Kuby, 2010). Stejný model byl využitý i pro vozidla poháněná vodíkem, kombinovaný s modelem omezující počet nabíjecích stanic tak aby se zabránilo velkým nerealistickým stanicím (Kluschke a kol., 2020). Nevýhodou těchto modelů je vysoká výpočetní náročnost, proto je nutné například omezit oblast, pro kterou budeme hledat vhodné umístění nabíjecích stanic (Jochem, Szimba a Reuter-Oppermann, 2019).

Pokud umístíme nabíjecí stanici pouze na hranách dopravní sítě s maximálním dopravním tokem, může v budoucnu nastat problém s omezeným zásobováním v okrajových oblastech nebo v oblastech, které nebudou obsahovat hrany s maximálním dopravním tokem. Navrhovaný model umístění nabíjecích stanic by měl zahrnovat všechny uzly reprezentované jednotlivými obcemi, městy nebo městskými částmi.

Model založený na geografických vlastnostech bere v úvahu individuální jízdní profily a umísťuje nabíjecí stanice tak, aby odpovídaly geografickým vlastnostem trasy. Zatímco úroveň detailů se zvyšuje od modelů založených na uzlech přes modely založené na hranách až po modely založené geografických vlastnostech, zvyšují se také nároky na vstupní data (Speth, Plötz, a kol., 2022). Proto by bylo vhodné mít detailní přehled o pohybu nákladních vozidel a tomu přizpůsobit umístění nabíjecích stanic. Pro přesnější modelování infrastruktury pro nákladní automobily, lze využít i data z GPS, která jsou založená průjezdu a datech z jednotlivých cest a vzdálenosti (Whitehead a kol., 2022). Právě s využitím modelu založeného na trase byla modelována infrastruktura vodíkových čerpacích stanic pro nákladní vozidla v Německu (Kluschke a kol., 2020). Analýza byla založena na 2655 trasách. A vzniknul tak model 100 vodíkových čerpacích stanic, kterými lze obsloužit 13000 km dálnic.

Umísťování nabíjecích stanic pouze na hlavní trasy postihne pouze infrastrukturu mezinárodní silniční a dálniční sítě. Umístěním nabíjecích stanic na této infrastruktuře je

vhodné pro dálkovou a mezinárodní dopravu a však pro dopravu na krátké vzdálenosti není dostačující.

Vzhledem k tomu, že se v EU v současné době diskutuje o celoevropské síti dobíjecích stanic pro nákladní automobily, je velmi důležité vytvořit si představu o tom, jak by taková síť mohla vypadat v příštích několika letech. Vytvořený návrh umístění nabíjecích stanic byl vytvořen pouze na základě obcí, a nikoliv na základě velikosti objemu doručovacích služeb. Přesto je možno ho považovat za výchozí informaci o tom, jak by měli být nabíjecí stanice umístěny. Umístění nabíjecích stanic musí sloužit požadavkům dopravních toků, a proto je nutné vytypovat oblasti vyšší poptávky po doručovacích službách a v nich naplánovat větší počet nabíjecích stanic.

Současně bylo zjištěno, že některé problémy umístění nabíjecích stanic lze vyřešit již stávajícími modely, protože možnosti na doplňování konvenčního paliva neumísťují pouze v pevných uzlech dopravní sítě, ale analyzují jejich umístění na základě dopravních toků při průchodu sítí (Hodgson, 1990). Hodgson formuloval model umístění benzínových stanic, který zohledňoval i velikost dopravního toku tak, aby bylo dosaženo maximálního pokrytí sítě. Tato práce byla později rozšířena Hodgsonem a Rosingem (1992), kteří daný model rozšířili o požadavky dopravního toku na jednotlivých hranách dopravní sítě. Model umístění čerpacích stanic poskytuje nový pohled na řešení problému a umístění infrastruktury čerpacích stanic. Tento přístup se však opírá o předpoklad, že jedna stanice umístěná na trase bude obsluhovat všechna projíždějící vozidla. Tento předpoklad není vhodný pro vozidla s alternativním palivem, protože tato vozidla ujedou menší vzdálenost s ohledem na kapacitu baterie, a tedy vyžadují častější dobíjení s ohledem na celkovou vzdálenost. Tento problém se pokoušeli vyřešit modelem, který částečně vycházel z modelu sestaveného Hodgsonem (1990), a který zahrnoval dvě fáze. V první fázi získali sadu míst, kde jsou již umístěné čerpací stanice, kterou ve druhé fázi doplnili o optimální místa s ohledem na dojezd a kapacitu baterií osobních elektromobilů. K řešení daného problému bylo využito heuristických algoritmů doplněných o substituční a genetické algoritmy.

Umístění nabíjecích stanic je složitý problém, jehož řešení musí vycházet jak z dat o dopravních proudech, tak i z dat o poptávce po doručení zboží a také z možnosti nabít akumulátory pouze na kapacitu potřebnou pro dojetí do výchozího depa (Husinec a kol., 2024).

6 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout možné umístění nabíjecích stanic pro nákladní elektromobily v České republice. Tento cíl byl následně rozpracován do dvou specifických cílů:

1. Definice parametrů modelu na základě požadavků elektromobilů
2. Nalezení míst pro nové dobíjecí stanice

I s ohledem na určitou nejistotu v oblasti využití nákladních elektromobilů má postup řešení obou specifických cílů teoretický i praktický přínos. První specifický cíl je zaměřen na definici požadavků návrhu umístění nabíjecích stanic a jedná se tedy teoretický přínos. Druhý specifický cíl navrhuje možné umístění nabíjecích stanic a je tedy možná jeho aplikace v reálném prostředí.

Dle výše uvedených specifických cílů byly vytvořeny dva možné návrhy umístění nabíjecích stanic pro nákladní elektromobily:

1. První návrh uvažuje s možným využitím již stávajících logistických parků v České republice. Do návrhu bylo zahrnuto celkem 294 stávajících logistických parků jako možných umístění nabíjecích stanic. Právě s ohledem na již vybudovanou infrastrukturu v logistických parcích se jeví tento návrh jako jedno z možných řešení. Logistické parky umožňují vytvoření nabíjecích stanic na přilehlých parkovacích plochách a logistické haly poskytují prostorové řešení pro umístění solárních panelů, ze kterých by mohly být nákladní vozidla nabíjena. Je zde ale určitá nejistota ze strany vlastníků těchto logistických parků, zda budou ochotni investovat do výstavby nebo zda poskytnout plochy třetím stranám pro vybudování nabíjecích stanic. Nejprve však bylo nutné zjistit, zda jsou všechny dotčené obce v dosahu logistických parků. Výpočtem vzdáleností bylo zjištěno že celkem 165 obcí v České republice je mimo stanovenou vzdálenost a bylo tedy nutné nalézt další možné umístění nabíjecích stanic pro tyto obce. Pro nalezení možného umístění byly předem stanoveny podmínky, podle kterých bylo nové místo vyhledáno. Návrh umístění byl tedy doplněn o 15 nových umístění. Následnou kontrolou bylo zjištěno možné sloučení některých okresů a bylo tedy možné snížit počet navržených míst pro nabíjecí stanice na 8. Celkem tedy první návrh zahrnuje 302 míst, která se nacházejí v logistických parcích a v nově navržených místech s vyšší koncentrací nákladní dopravy

2. Druhý návrh předpokládá umístění nabíjecích stanic v každém okrese České republiky. Opět bylo do návrhu zahrnuto celkem 294 logistických parků, které byly doplněny o místa projektů plánované výstavby ŘSD. Tato místa byla zahrnuta vzhledem k vyššímu využití ze strany nákladní dopravy. Primárně se návrh zaměřuje na úseky, kde se plánuje výstavba dálnic a kapacitních silnic. Dále do návrhu byla zahrnuta místa s koncentrací nákladní dopravy. Výpočtem a následnou úpravou umístění bylo navrženo celkem 76 možných umístění nabíjecích stanic. Zahrnující 9 nových umístění v místech s plánem výstavby ŘSD, 50 umístění ve stávajících logistických parcích a 17 umístění v místech s koncentrací nákladní dopravy. Tedy je patrné, že druhý model uvažuje s menším počtem nabíjecích stanic, avšak tato místa by musela pokrýt požadovanou kapacitu a jejich přílehlá infrastruktura by musela být přizpůsobena poptávce.

Je zde tedy možnost pro vytvoření dvou nabíjecích sítí.

- Primární síť, která zahrnuje 76 nalezených lokací pro jednotlivé okresy.
- Sekundární síť, která by byla tvořena logistickými parky a průmyslovými zónami, které by umožňovaly i nabíjení externích vozidel.

Na základě druhého návrhu, tedy 76 možných umístění nabíjecích stanic, byl vytvořen testovací okružní problém, který měl za cíl ověřit, zda zvolené umístění je vhodné pro nákladní dopravu a testování proběhlo na reálných datech. K ověření umístění nabíjecích stanic bylo využito dvou aplikací okružních problémů založených na Mayerově metodě. První aplikace zvažovala využití klasických vozidel a rozhodovací proměnná byla vzdálenost. Ve druhém případě došlo k doplnění okružního problému o návrhy umístění nabíjecích stanic, které mohou být využity v případě vyčerpané kapacity baterií. A řešení bylo doplněno o možnost přeskokovat zásilky, pokud byla danou zásilkou překročena kapacita vozidla. Jako rozhodující proměnná pro první krok byla stanovena hmotnost zásilky a dále pak výpočet pokračoval na základě vzdáleností.

Výsledky Mayerovy metody s přeskokováním a doplněním nabíjecích stanic ukázaly vhodnost umístění nabíjecích stanic. Celkové zhodnocení ukázalo, že takto navržené okruhy způsobily nárůst doby strávené mimo výchozí uzel jen o 3 %, což bylo způsobeno dobou strávenou dobíjením vozidla v nabíjecí stanici v Domažlicích, při níž řidič odpočíval.

I když testovací okružní problém potvrdil možné umístění nabíjecích stanic, je nutné zmínit, že pro návrh kritérií umístění nabíjecích stanic byla stanovena celkem 17 různých kritérií

reprezentující 6 hlavních faktorů. Do finálního návrhu byla vybrána pouze 4 kritéria, jejichž celková preference je 48,3 %. Vybraná čtyři kritéria byla klíčová a nejvíce relevantní pro návrh umístění nabíjecích stanic a zároveň přímo souvisejí s cíli práce. Ostatní kritéria jako třeba stavební náklady jsou v první fázi hledání nepoužitelné, protože stavební náklady lze kalkulovat až na základě zvoleného umístění.

I když tato práce navrhuje možná umístění nabíjecích stanic, bude nutné s ohledem na možné praktické využití aktualizovat kritéria pro umístění nabíjecích stanic na základě konkrétních podmínek a bude nutné zahrnout do dalšího návrhu umístění nabíjecích stanic všechna kritéria, která budou v době návrhu známá nebo dostupná. Stejně tak i nové technologie v oblasti nákladních vozidel a kapacity baterií mohou změnit požadavky na možné budoucí umístění nabíjecích stanic v České republice.

Z výzkumného hlediska je důležitý i navržený postup řešení a jeho modifikace použitých metod pro návrh možného umístění logistických objektů i v jiných regionech při zohlednění místních podmínek a dále navržené rozšíření Mayerovy metody o možnost doplňovat postupně místa nabíjecích stanic do hledaného okruhu na základě plánu distribuce a dojezdu vozidla.

Jedním z hlavních faktorů rozvoje regionu je distribuční síť, která je klíčová pro rozvoj daného regionu. Avšak určitá nejistota při zavádění možné elektromobility v distribuční dopravě může v konečném důsledku působit negativně při přechodu na nová řešení v oblasti zelené logistiky. Proto je nezbytné hledat řešení, která budou vhodná pro přechod k zelené logistice. Jako jedno z možných řešení s pozitivním dopadem na životní prostředí může být zelená logistika právě v oblasti distribuční logistiky.

Seznam použité literatury

Abdulmalek, F. A., and J. Rajgopal. 2007. Analyzing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study. *International Journal of Production Economics*. vol. 107, pp. 223–236.

Association for electromobility of the Czech Republic (2018). Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/úvod-1> (Viděno: 7. leden 2018).

Ashton, W. D. 1966. *Theory of Road Traffic Flow*. J. Wiley and Sons, London.

Awasthi, A. et al. 2017. Optimal planning of electric vehicle charging station at the distribution system using hybrid optimization algorithm, *Energy*, 133, pp. 70–78. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.094>.

Bajdor, P., Pawełoszek, I., & Fidlerova, H. 2021. Analysis and assessment of sustainable entrepreneurship practices in Polish small and medium enterprises. *Sustainability*, 13(7), Article 3595. <https://doi.org/10.3390/su13073595>.

Behnke, M. and Kirschstein, T. 2017. The impact of path selection on GHG emissions in city logistics, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 106, pp. 320–336. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2017.08.011>.

Bektaş, T., & Laporte, G. 2011. The Pollution-Routing Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1232–1250. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.004>.

Boldacci, R., Battarra, M., a Vigo, D. 2007. Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles: *ResearchGate [online]*. Cesena, Itálie, [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/226187312_Routing_a_Heterogeneous_Fleet_of_Vehicles.

Brandimarte, P., a Zotteri, G. 2007. *Introduction to Distribution Logistics*. New Jersey: Published by John Wiley & Sons. Inc., Hoboken. ISBN 978-0-471-75044-4.

Breed, A. K., Speth, D. and Plötz, P. 2021. CO2 fleet regulation and the future market diffusion of zero-emission trucks in Europe, *Energy Policy*, 159. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2021.112640>.

Brožová, H., Houška, M., 2008. *Základní metody operační analýzy*. 1 vydání. 2 dotisk. Praha: Reprografické studium PEF ČZU v Praze. 245 s. ISBN 80-213-0951-2.

Březina, E., Bínová, H. 2014. *Dopravní logistika*. V Praze: Nakladatelství ČVUT. 458 s. ISBN 978-80-01-05612-7.

Cattaruzza, D. et al. 2017. Vehicle routing problems for city logistics, *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6(1), pp. 51–79. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13676-014-0074-0>.

CBRE. Komerční-nemovitosti-k-pronajmu-prodeji. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.cbreproperties.cz/lokality/industrial>. [cit. 2022-07-03].

Cox, R. a. Schutte, T. F. 1969. Look at Chanel Management. In: MCDONALD, Philip R. *American Marketing Association: Marketing Involvement in Society and the Economy*, s. 99-105.

Černý, J., Kluvánek, P. 1991. *Základy matematické teorie dopravy*. 1. vydání. Bratislava: Veda. 279 s. ISBN 80-224-0099-8.

Český statistický úřad (2023) Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20567175/93833271.pdf/883077e4-0060-438a-9b29-f23607742a29?version=1.0> (viděno 4. dubna 2023).

ČSN EN 14943. *Převážní služby – Logistika – Slovník*. Praha: Český normalizační institut. 2006. 124 s. Třídící znak 7620000.

Deb, S., Tammi, K., Kalita, K. and Pinakeshwar. M. 2018. Impact of Electric Vehicle Charging Station Load on Distribution Network, *Energies*, 11(2), p. 178. Available at: <https://doi.org/10.3390/en11010178>.

Dekker, R., Bloemhof, J., & Mallidis, I. 2011. Operations research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, 219(3). 671–679. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>.

Dresner, K., & Stone, P. 2006. Multiagent traffic management: Opportunities for multiagent learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 3898 LNAI, 129–138. https://doi.org/10.1007/11691839_7/COVER.

Dzwigol, H., Trushkina, N., & Kwilinski, A. 2021. Green logistics as a sustainable development concept of logistics systems in a circular economy. *37th International Business Information Management Association (IBIMA)*, Cordoba, Spain, 10862–10874. https://www.researchgate.net/profile/Aleksy-Kwilinski/publication/353413345_Green_Logistics_as_a_Sustainable_Development_Concept_of_Logistics_Systems_in_a_Circular_Economy/links/60fae5112bf3553b29094cd4/Green-Logistics-as-a-Sustainable-Development-Concept-of-LogisticsSystems-in-a-Circular-Economy.pdf.

E-Canter. 2018. Dostupné z: <http://www.ecanter.cz/otazky-a-odpovedi> (Viděno: 7. leden 2018).

Electric mobility – Daimler Global Media Site 2018. Dostupné z: <https://www.daimlertruck.com/newsroom/pressemitteilung/vollelektrische-mercedes-benz-lkw-fuer-den-schweren-verteilterverkehr-nachhaltig-vollelektrisch-und-leise-mercedes-benz-eactros-geht-2018-in-den-kundeneinsatz-33451264> (Viděno: 7. leden 2018).

Fábry, J., 2006. *Dynamické okružní a rozvozní úlohy*: disertační práce. VŠE-FIS, Praha.

Fábry, J. 2011. *Matematické modelování*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978–80–7431–066–9.

Fábry, J. 2017. *Pokročilé matematické modely a metody* [online – webová prezentace]. Mladá Boleslav, 2017 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://nb.vse.cz/~fabry/POV-prezentace.pdf>.

Fetanat, A., & Khorasaninejad, E. 2015. A novel hybrid MCDM approach for offshore wind farm site selection: A case study of Iran. *Ocean & Coastal Management*, 109, 17–28. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2015.02.005>.

Fiala, Petr. 2010. *Operační výzkum: nové trendy*. Praha: Professional Publishing. 2010. ISBN 978-80-7431-036-2.

Gargasas, A., Samuolaitis, M., & Mūgienė, I. 2019. Quality Management Systems In Logistics. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 41(2). 290–304. <https://doi.org/10.15544/MTS.2019.24>.

Gnann, T., Funke, S., Jakobsson, N., Ploetz, P., Sprei, F., & Bennehag, A. 2018. Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 62. 314–329. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.004>.

Google Maps Platform. GoogleMapsPlatform [API Klíč].2020. dostupné z: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/get-api-key>.

Graham, D. J., & Gibbons, S. 2019. Quantifying Wider Economic Impacts of agglomeration for transport appraisal: Existing evidence and future directions. *Economics of Transportation*. 19. 100121. <https://doi.org/10.1016/J.ECOTRA.2019.100121>.

Grauers, A. et al. 2018. *Why Electromobility And What Is It?* Available at: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/211430/local_211430.pdf (viděno: 3 January 2018).

Gros, I. a kol. 2016. *Velká kniha Logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-952-5.

Gros, I. a Dyntar, J. 2015. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-910-5.

Guoqi, L., Fengjun, J., Yu, C., Jinjuan, J., & Sijing, L. (2017). Location characteristics and differentiation mechanism of logistics nodes and logistics enterprises based on points of

interest (POI): A case study of Beijing. *Journal of Geographical Sciences* 27(7), 879–896. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1411-7>.

Hakimi, S.L. 1964. Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. *Operations Research*, 12(3). pp. 450–459. Available at: <https://doi.org/10.1287/OPRE.12.3.450>.

Hall, R. W. 1981. *Driving the Productivity Machine: Production Planning and Control in Japan*. Las Vegas. American Production, Inventory Control Society.

Harris, F.W. 1915. *What quantity to make at once*. The Library of Factory Management, Vol. V. Operation and. A.W. Shaw Company. Chicago.pp. 47–52.

Harrison, A. a van Hoek. R. I. 2008. *Logistics Management and Strategy: Competing Trough the Supply Chain*. Essex: Pretince Hall Financial Times. ISBN 9780273712763.

He, J., Yang, H., Tang, T. Q., & Huang, H. J. 2018. An optimal charging station location model with the consideration of electric vehicle's driving range. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 641–654. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2017.11.026>.

Hodgson, M.J. 1990. A Flow-Capturing Location-Allocation Model. *Geographical Analysis*. 22(3). pp. 270–279. Available at: <https://doi.org/10.1111/J.1538-4632.1990.TB00210.X>.

Huang, K., Kanaroglou, P. and Zhang, X. 2016. The design of electric vehicle charging network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 49. pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2016.08.028>.

Husinec, M., Strielkowski, W., Vacek, T., Vondráček, M. 2024. Optimizing electric vehicles (EV) charging for enhancing environmental sustainability of freight transport. *Environmental Economics*. 15(1), 16-31. doi:10.21511/ee.15(1).2024.02.

Husinec, M. 2015. *Analýza distribuční sítě nákladní dopravy*. ČZU v Praze. Diplomová práce. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

Husinec, M., Šubrt, T., 2018. Multiple criteria methods for definition of charging stations for freight transport. In: *36th International Conference on Mathematical Methods in Economics (MME)*. University of Economics, Prague Faculty of management. 163-168. ISBN 978-80-7378-372-3.

Husinec, M., Šubrt, T., Fejfar, J., 2020. EOQ as a Tool for Increased Transport Efficiency. In: *38th International Conference On Mathematical Methods In Economics (Mme 2020)*. Brno: Mendel University in Brno Faculty of Business and Economics. 205-210. ISBN 978-80-7509-734-7.

Jablonský, J. 2002. *Operační výzkum. Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 80-86419-42-8.

Jacyna-Gołda, I. and Izdebski, M. 2017. ScienceDirect The Multi-criteria Decision Support in Choosing the Efficient Location of Warehouses in the Logistic Network. *Procedia Engineering*. 187. pp. 635–640. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.424>.

Jedliński, M. 2014. The position of green logistics in sustainable development of a smart green city. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 151. 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.011>.

Jochem, P., Szimba, E. and Reuter-Oppermann, M. 2019. How many fast-charging stations do we need along European highways?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 73. pp. 120–129. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2019.06.005>

Karaman, A. S., Kilic, M., & Uyar, A. 2020. Green logistics performance and sustainability reporting practices of the logistics sector: The moderating effect of corporate governance. *Journal of Cleaner Production*. 258. Article 120718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120718>.

Khan, M. et al. 2011. A review of the extensions of a modified EOQ model for imperfect quality items. *International Journal of Production Economics*. 132(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.03.009>.

- Kluschke, P. et al. 2020. Optimal development of alternative fuel station networks considering node capacity restrictions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 78. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2019.11.018>.
- Kotler, P. 2000. *Marketing podle Kotlera: Jak vytvářet a ovládnout nové trhy*. Management Press. ISBN 9788072610105.
- Kuby, M. and Lim, S. 2005. The flow-refueling location problem for alternative-fuel vehicles. *Socio-Economic Planning Sciences*. 39(2). pp. 125–145. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2004.03.001>.
- Kundu, K., & Staudacher, A. P. 2016. Investigation of effectiveness of order review and release models in make to order supply chain. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 81). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168106003>.
- Kurbatova, S. M., Aisner, L. Y., & Mazurov, V. Yu. 2020. Green logistics as an element of sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 548. 052067. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052067>.
- Kutkaitis, A., & Župerkienė, E. 2011. Darnaus vystymosi koncepcijos raiška uosto logistinėse organizacijose [Expression of the sustainable development concept in Klaipėda seaport logistics organizations]. *Vadybos mokslas ir studijos – kaimo verslų ir jų infrastruktūros plėtrai [Management theory and studies for rural business and infrastructure development]*. 2(26). 130–137.
- Lingaitis, L.P., & Bazaras, D. 2007. *An analysis of reverse and green logistics: theoretical aspects*. Transport: Prace Naukowe, 60, 5–12.
- Lim, S. and Kuby, M. 2010. Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model. *European Journal of Operational Research*. 204(1). pp. 51–61. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.09.032>.
- Lodienė, D. 2012. Globalios tiekimo grandinės įtaka verslo organizacijai [Influence of global supply chain for business]. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 3(32). 98–105.

- Long, J., Zhong, C., Bilal, A., Muhammad, I., & Rabia, N. 2022. How do green financing and green logistics affect the circular economy in the pandemic situation: key mediating role of sustainable production. *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, 35(1), 3836–3856. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.2004437>.
- Machačka, Filip. Machačka, Ivo. 2015. *Nařízení 561/2006, 165/2014, AETR a české předpisy do kabiny: rukověť řidiče pro země Evropské unie a Českou republiku*. rozšířené vydání. Pardubice: Systemconsult. 123 s. ISBN 978-80-85629-31-6.
- Macharis, C., & Kin, B. 2017. The 4 A's of sustainable city distribution: Innovative solutions and challenges ahead. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(2). 59–71. <https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1196404>.
- Mainzová, Eva a Zborník. T. 2001. *Základy operační analýzy*. Plzeň: Západočeská univerzita. ISBN 80-7082-765-3.
- Malindžák, D., 2007. *Teória logistiky: definice, paradigmy, princípy, štruktúry*. Košice: Technická univerzita. ISBN 9788080738938.
- Mancini, S. 2017. A combined multistart random constructive heuristic and set partitioning based formulation for the vehicle routing problem with time dependent travel times. *Computers and Operations Research*. 88. pp. 290–296. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.06.021>.
- Mccarthy, E. J. a Perreault W. D. 1995. *Základy marketingu*. Praha: Victoria Publishing. ISBN 80-85605-29-5.
- Metais, M.O. et al. 2022 Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 153. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111719>.
- Mensing, F., Trigui, R., & Bideaux, E. 2011. Vehicle trajectory optimization for application in eco-driving. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, Chicago, IL, USA, 1–6. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2011.6042993>.

- Monden, Y. 2011. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*. New York. CRC Press.
- Montoya, A. et al. 2017. The electric vehicle routing problem with nonlinear charging function. *Transportation Research Part B*. 103. pp. 87–110. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.02.004>.
- Nařízení Evropského Parlamentu A Rady (EU) 2019/1242. 2019. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1242>. (Viděno: 20. září 2023).
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 165/2014. 2014. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:32014R0165>. (Viděno: 20. září 2023).
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006. 2006. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32006R0561>. (Viděno: 20. září 2023).
- Nickel, S. and Puerto, J. 2006. *Location theory: a unified approach*. Springer Science and Business Media.
- Normasari, N. M. E., YU, V.F., Bachtiyar, C. a Sukoyo. A. 2019. Simulated Annealing Heuristic for the Capacitated Green Vehicle Routing Problem: *Mathematical Problems in Engineering [online]*. vol. 2019, Article ID 2358258: Hindawi. leden 2019 [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2019/2358258/>.
- Novák, R. 2013. *Mezinárodní kamionová doprava a zasílatelství*. 1 vydání. V Praze: C.H. Beck, xx, 282 s., [11] s. obr. příl. ISBN 978-80-7400-514-5.
- Nykvist, B. and Olsson, O. 2021 The feasibility of heavy battery electric trucks. *Joule*. 5(4). pp. 901–913. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.JOULE.2021.03.007>.
- Pastor, O., Tuzar, A. 2007. *Teorie dopravních systémů*. 1 vydání. Praha: ASPI, 307 s. ISBN 978-80-7357-285-3.

- Pečiukėnas, A., Pečeliūnas, R., & Nagurnas, S. 2017. Intelektinių transporto sistemų įtaka kelių transporto priemonių srautų reguliavimui. *Inžinerinės ir edukacinės technologijos [Engineering and Educational Technologies]*. 1. 33–38. <http://dspace.vgtu.lt/handle/1/3589>.
- Pernica, P. 1995. *Logistika: vymezení a teoretické základy*. 1. vydání, dotisk. Praha: Vysoká škola ekonomická, 210 s. ISBN 80-7079-820-3.
- Pernica, P. 1998. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. 1. vydání. Praha: Radix, 660 s. ISBN 80-86031-13-6.
- Pernica, P. 2005. *Logistika pro 21. století: Supply Chain Management*. Praha: Radix. ISBN 80-86031-59-4.
- Pfohl, H. Ch. 1988. *Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-50224-1.
- Pilík, M., Juříčková, E., Kwarteng, M. A. 2017. On-line shopping behaviour in the Czech Republic under the digital transformation of economy. *Economic Annals-XXI*. 165(165). pp. 119–1235. Available at: <https://doi.org/10.21003/ea.V165-24>.
- Plevný, M., Žižka, M. 2005. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. 1. vydání. V Plzni: Západočeská univerzita, 296 s. ISBN 80-7043-435-x.
- Poullikkas, A. 2015. Sustainable options for electric vehicle technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1277–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.016>.
- Rios, M.A., Ramos, G.A. and Zambrano, S. 2015. Simulation of the power supply for a flash charging e-BRT system. In 2015 IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA). *IEEE*. pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/PEPQA.2015.7168216>.
- Rushton, A., Croucher, P., Baker. P. 2006. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. London: Kogan Page. ISBN 9780749446697.
- ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic ČR. Plánovaná výstavba v ČR Online. 2022. Dostupné z: <https://kraje.rsd.cz/MAPY/vystavba-cr/rsd-mapa-vystavba.pdf>. [cit. 2023-12-05].

Saaty, T. L. 1994. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*. vol 24(6). PP. 19–43. DOI: 10.1287/inte.24.6.19.

Saaty, T. L. 2008. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*. vol. 102(2). PP. 251–318. DOI: 10.1007/BF03191825.

Sidek, S., Khadri, N. A. M., Hasbolah, H., Yaziz, M. F. A., Rosli, M. M., & Husain, N. M. 2021. Society 5.0: Green logistics consciousness in enlightening environmental and social sustainability. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 842, *3rd International Conference on Tropical Resources Sustainable Sciences*, Article 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/842/1/012053>.

Schonberger, R. 1982. *Japanese Manufacturing Techniques*. New York. The Free Press.

Shingo, S. 1988. *Non-Stock Production: The Shingo System of Continuous Improvement*. Cambridge, MA: Productivity Press.

Sostko, A., & Jakubavičius, A. 2018. Gamybos logistikos tobulinimas bioekonomikos iššūkių kontekste [Improvement of production logistics in the context of bioeconomic challenges]. *Mokslas – Lietuvos ateitis. Ekonomika ir vadyba [Science – Future of Lithuania]*. 10. Vilnius, Lithuania. 1–7. <https://doi.org/10.3846/mla.2018.2864>.

Speth, D., Plötz, P., et al. 2022. Public fast charging infrastructure for battery electric trucks—a model-based network for Germany, *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(2). p. 025004. Available at: <https://doi.org/10.1088/2634-4505/AC6442>.

Speth, D., Sauter, V., et al. 2022. Synthetic European road freight transport flow data. *Data in Brief*. 40. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.DIB.2021.107786>.

Speth, D. and Funke, S.A. 2021. Comparing options to electrify heavy-duty vehicles: Findings of german pilot projects. *World Electric Vehicle Journal*. 12(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/WEVJ12020067>.

Speth, D., Sauter, V. and Plötz, P. 2022. Where to Charge Electric Trucks in Europe—Modelling a Charging Infrastructure Network. *World Electric Vehicle Journal* 2022. Vol. 13. Page 162. 13(9). p. 162. Available at: <https://doi.org/10.3390/WEVJ13090162>.

Steenbrink, P. 1974. *Optimization of Transport Network*. London: J.Wiley.

Superdecisions. SuperDecisions [software]. 2017. Dostupné z: www.superdecisions.com/downloads/index.php?section=win3_0_beta.

Svaz Průmyslu A Dopravy České republiky. 2017. *Svaz průmyslu a dopravy České republiky*. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.spcr.cz/>. [cit. 2017-12-06].

Svoboda, V., 2004. *Dopravní logistika*. 1. vydání. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 115 s. ISBN 80-01-02914-x.

Svoboda, V. 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. 1. vydání. Praha: Radix, 148 s. ISBN 80-86031-68-3.

Šubrt, T., a kol. 2015. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-563-0.

Tu, W. et al. 2016. Optimizing the locations of electric taxi charging stations: A spatial-temporal demand coverage approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 65. pp. 172–189. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.10.004>.

Tute, W. T. 1984. *Graph Tudory*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vienožindienė, M., Tamulienė, V., & Zaleckienė, J. 2021. Green logistics practices seeking development of sustainability: Evidence from Lithuanian transportation and logistics companies. *Energies*. 14(22). Article 7500. <https://doi.org/10.3390/en14227500>.

Vyhláška o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích 153/2023 Sb. 2023. Dostupné z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=153/2023&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy. (Viděno: 20. září 2023).

Wang, C. et al. 2014. The value of a clear, long-term climate policy agenda: A case study of China's power sector using a multi-region optimization model. *Applied Energy*. 125. pp. 276–288. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.079>.

Waters, D. 2009. *Supply Chain Management: An Introduction to Logistics*. 2 nd. Palgrave Macmillan. ISBN 9780230200524.

Whitehead, Jake et al. 2022. Exploring public charging infrastructure requirements for short-haul electric trucks. *International Journal of Sustainable Transportation*. 16(9). pp. 775–791. Available at: <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1921888>.

Wu, Y. et al. 2016. Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based on a Cloud Model and the PROMETHEE Method. *Energies*. 9(3). p. 157. Available at: <https://doi.org/10.3390/en9030157>.

Zákon č. 56/2001 Sb. Zákon podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. 2001. dostupné z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=56/2001&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy. (Viděno: 20. září 2023).

Získal, Jan. 2000. *Ekonomicko matematické metody: studijní texty pro distanční studium*. Vyd. 2. Praha: Credit. ISBN 978-80-213-0664-6.

Seznam použitých zkratek

ANP	Analytický síťový proces (Analytic Network Process)
Uhlíková stopa CO ₂	System sledování ekologické zátěže
CCS typ 2	Kompatibilní nabíjecí konektor pro EU
CGVRPH	Problém směřování ekologických vozidel (Capacitated Green Vehicle Routing Problem)
C-W Metoda	Clarkeova-Wrightova Metoda
ČR	Česká republika
ČSN	České státní normy
ES	Evropské Společenství
EHS	Evropské Hospodářské Společenství
EOQ	Optimální objednané množství (Economic order quantity)
EPQ	Ekonomické množství výroby (Economic Production Quantity)
EU	Evropská Unie
GPS	Satelitní navigační systém (Global Positioning System)
HFVRP	Problém směřování vozidel heterogenního vozového parku (Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem)
IS	pojistné zásoby (Insurance stocks)
JIT	Doručení v požadovaném čase (Just in Time)
KAIZEN	Proces zlepšování produkce
LEAN	Proces minimalizace plýtvání zdroji
MTSP	Problém vícenásobného obchodního cestujícího (Multiple Traveling Salesman Problem)
PSO	Genetický algoritmus (Particle Swarm Optimization)
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic ČR
TC	Celkové náklady (Total costs)
TIR	(zkratka pro franc. Transports Internationaux Routiers), Mezinárodní silniční doprava)
TSP	Jednookruhový okružní dopravní problém (Traveling Salesman Problem)

SMART	Pravidlo pro stanovení cílů (specific, measurable, achievable, relevant, time-bounded)
VRP	Problém pro trasování vozidel (Vehicle Routing problém)
WC	Skladovací náklady (Warehouse costs)

Seznam Obrázků

Obrázek 1 Distribuční systém.....	33
Obrázek 2 Typologie distribučních systémů	36
Obrázek 3 Síťový model kritérií nabíjecí stanice	69
Obrázek 4 Postup hledání umístění nabíjecích stanic.....	75
Obrázek 5 Počet obcí, počet stávajících logistických areálů a počet obcí s omezenou dostupností.....	77
Obrázek 6 Vypočtená a upravená lokace nabíjecích stanic dle okresů	79
Obrázek 7 Možné sloučení okresů pro snížení počtu nabíjecích stanic	80
Obrázek 8 Sloučení okresů Klatovy a Prachatice	81
Obrázek 9 Sloučení okresů Náchod a Trutnov	82
Obrázek 10 Sloučení okresů Ústí nad Orlicí, Šumperk a Jeseník	83
Obrázek 11 Sloučení okresu Jindřichův Hradec, Třebíč a Znojmo	84
Obrázek 12 Celkové řešení možného umístění nabíjecích stanic.....	87
Obrázek 13 Postup hledání umístění nabíjecích stanic podle okresů	89
Obrázek 14 Příklad volby umístění nabíjecí stanice pro okres Český Krumlov	90
Obrázek 15 Mapa vypočtených a upravených umístění nabíjecích stanic	93
Obrázek 16 Návrh možného umístění nabíjecích stanic.....	95
Obrázek 17 Postup řešení dopravního okružního modelu doplněného o lokace nabíjecích míst.....	98

Seznam Tabulek

Tabulka 1 Přípustné a nepřípustné řešení TSP	21
Tabulka 2 Výchozí řešení Clarkeova-Wrightovy metody	30
Tabulka 3 Supermatice modelu	70
Tabulka 4 Váhy jednotlivých kritérií	71
Tabulka 5 Počet obcí, počet stávajících logistických areálů a počet obcí s omezenou dostupností	76
Tabulka 6 Vypočtená a upravená lokace nabíjecích stanic dle okresů	78
Tabulka 7 Návrh umístění po sloučení okresů	85
Tabulka 8 Celkové řešení možného umístění nabíjecích stanic	86
Tabulka 9 Návrh umístění nabíjecích stanic podle okresů	91
Tabulka 10 Vstupní data modelu	99
Tabulka 11 Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou	102
Tabulka 12 Navrhované nabíjecí stanice pro Plzeňský kraj	103
Tabulka 13 Plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou doplněnou o přeskokování a nabíjecí stanice	105
Tabulka 14 Vyhodnocení jednotlivých plánů	106

Seznam Příloh

Příloha 1 Seznam stávajících logistických parků	131
Příloha 2 Seznam obcí s omezenou dostupností	136
Příloha 3 Sloučení okresů Klatovy a Prachatice	140
Příloha 4 Sloučení okresů Náchod a Trutnov	141
Příloha 5 Sloučení okresů Jeseník, Šumperk a Ústí nad Orlicí	142
Příloha 6 Sloučení okresů Jindřichův Hradec, Třebíč a Znojmo	143
Příloha 7 Plánovaná výstavba v ČR – přehled projektů ŘSD.....	144
Příloha 8 Kilometrovník pro plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou.....	145
Příloha 9 Kilometrovník pro plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou doplněnou o přeskakování a nabíjecí stanice.....	145

Příloha 1 Seznam stávajících logistických parků

Id	Název	Obec	Okres	Kraj	PSČ	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
1	CTP park Aš	Hazlov	Cheb	Karlovarský kraj	35201	50,22878731	12,20775286
2	KKIG PARK Běchovice	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19011	50,09415572	14,61823244
3	Industrial Park Bílina	Bílina	Teplice	Ústecký kraj	41801	50,56545941	13,75143675
4	Výrobní areál Blansko	Blansko	Blansko	Jihomoravský kraj	67801	49,36734365	16,64722491
5	CTP park Blatnice	Blatnice	Plzeň-sever	Plzeňský kraj	33025	49,71144273	13,1721317
6	Průmyslová hala Blovice	Blovice	Plzeň-jih	Plzeňský kraj	36001	49,58190183	13,53974082
7	CTP park Blučina	Blučina	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66456	49,32217804	16,69372771
8	CTP park Bor	Bor u Tachova	Tachov	Plzeňský kraj	34802	49,74912445	12,77280171
9	Amulle průmyslová zóna Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	61800	49,19188294	16,63143064
10	Areál Brno Řípská	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,17651158	16,67876643
11	Areál Alfa Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	61900	49,1818498	16,61743746
12	Areál Kaštanová Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62000	49,15965371	16,63663561
13	Avia Business park	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	63900	49,17267944	16,598651
14	Brno Airport park	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62000	49,15968696	16,6854819
15	Brno West Business park	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	61200	49,23503625	16,57836285
16	Business park Bibus	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	61900	49,1489712	16,60307267
17	Business park Průmyslová	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	10200	50,06077105	14,53578047
18	CTP park Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,12568583	16,6028998
19	CTP park Brno South	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,16521217	16,70418
20	H-Park Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,17421184	16,60363616
21	Hala Heršpická	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62800	49,17493664	16,60225007
22	Hala Prazakova	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62900	49,16938371	16,6033573
23	LTC Brno Kaštanová	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,16041427	16,64010978
24	Logistický areál Videňská Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,15148484	16,60522234
25	Polyfunkční areál Sokolovna Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,16841962	16,61911965
26	Ponávka Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,1981006	16,61593501
27	Prologis Park Brno Sýrovce	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,07590736	16,55847068
28	Sklady Brno - Horní Heršpice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,14287063	16,60032143
29	Sklady Brno - Líšeň	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,1839658	16,48382494
30	Smart Zone D1 park Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,1703524	16,51315781
31	Technologický Park Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,2309051	16,57685264
32	VGP Park Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,08544926	16,57953334
33	Výrobní prostor Královo Pole Brno	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,22743158	16,60688304
34	Průmyslový areál D1	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62800	49,08135253	16,55946613
35	Industrial park Brno Holubice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,19311768	16,81381158
36	CTP park Brno Líšeň	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,17194647	16,67225099
37	Business park Modřice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	66442	49,12237715	16,60038168
38	CTP park Modřice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	66402	49,17731571	16,58893231
39	Areál Popůvky	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	66441	49,1786135	16,48853079
40	Sklad EZB Brno - Židenice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,19565642	16,64610965
41	Výrobní areál Bruntál	Bruntál	Bruntál	Moravskoslezský kraj	79201	49,98623699	17,46666525
42	Park Břeclav - Poštorná	Břeclav	Břeclav	Jihomoravský kraj	69141	48,75116272	16,87029015
43	Břeclav industrial park	Břeclav	Břeclav	Jihomoravský kraj	69002	48,74815327	16,89992923
44	D2 park Břeclav	Břeclav	Břeclav	Jihomoravský kraj	69102	48,75595441	16,87917984
45	Greenhouse Březhrad	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50332	50,17791381	15,79101842
46	Industrial hall Bujanov	Bujanov	Český Krumlov	Jihočeský kraj	38241	48,70356371	14,42690554
47	Průmyslová areál Cerhovice	Cerhovice	Beroun	Středočeský kraj	26861	49,85112686	13,83230257
48	CTP park Cerhovice	Cerhovice	Beroun	Středočeský kraj	26761	49,84240004	13,81648726
49	Sklad Most - Čepirohy	Most	Most	Ústecký kraj	43401	50,48468935	13,62081726
50	Industrial hall Černíky	Černíky	Nymburk	Středočeský kraj	28915	50,10257186	14,81990496
51	CTP park Česká Lípa	Skalice	Česká Lípa	Liberecký kraj	47000	50,68524201	14,5852716
52	Gabre České Budějovice	České Budějovice	České Budějovice	Jihočeský kraj	37301	48,93290865	14,44804921
53	Sklad Pekárenská České Budějovice	České Budějovice	České Budějovice	Jihočeský kraj	37301	48,98310789	14,48442268
54	VGP Park České Budějovice	České Budějovice	České Budějovice	Jihočeský kraj	37301	48,99833695	14,50088889
55	VGP Park Český Újezd	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40010	50,68029954	13,96559265
56	BigBox Čestlice	Čestlice	Praha-východ	Středočeský kraj	25101	50,00133323	14,57931358
57	Skladové areál Dalovice	Dalovice	Karlovy Vary	Karlovarský kraj	36263	50,24765699	12,89041408
58	CTP park Divišov	Divišov	Benešov	Středočeský kraj	25767	49,79977057	14,8967589
59	Hala Drnovice	Drnovice	Blansko	Jihomoravský kraj	68304	49,27645377	16,95139727
60	CTP park Holubice	Holubice	Praha-západ	Středočeský kraj	68351	49,17959603	16,81594273
61	BigBox Horní Počernice	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19300	50,10181556	14,62561021
62	P3 Prague Horní Počernice	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19400	50,11630829	14,61862959

63	Panattoni D5 Hořovice Park	Hořovice	Beroun	Středočeský kraj	26753	49,86285428	13,89461403
64	Skladová hala Hořovice	Hořovice	Beroun	Středočeský kraj	26801	49,84134544	13,89438632
65	Impera park Hovorčovice	Hovorčovice	Praha-východ	Středočeský kraj	25064	50,17905918	14,51875703
66	CTP Park Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50003	50,21978107	15,90086463
67	Industrial park Hradec Králové II	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50103	50,2151211	15,82946001
68	LiNK Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50203	50,22514881	15,84502908
69	LiNK Vážní Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50303	50,23246735	15,85561436
70	Logistics Park Hradec Králové	Hradec Králové	Hradec Králové	Královéhradecký kraj	50403	50,17539807	15,8022442
71	CTP Park Hranice	Hranice	Přerov	Olomoucký kraj	75301	49,55783681	17,71928835
72	Výrobní hala Hranice	Hranice	Přerov	Olomoucký kraj	75401	49,55636005	17,73693995
73	CTP park Humpolec	Humpolec	Pelhřimov	Vysočina	39601	49,52877927	15,3528028
74	CTP park Humpolec II	Humpolec	Pelhřimov	Vysočina	39701	49,54170223	15,33864074
75	Contera park Hustopeče	Hustopeče	Břeclav	Jihomoravský kraj	69301	48,94171768	16,73554373
76	CTP park Cheb	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35002	50,08792955	12,4582664
77	Logistické Centrum Cheb	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35102	50,08150419	12,36432075
78	Panattoni Park Cheb	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35202	50,08150419	12,36432075
79	Panattoni Park Cheb South	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35302	50,06743554	12,38795007
80	Panattoni Park Cheb East	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35402	50,09056921	12,4106952
81	CTP park Chomutov	Chomutov	Chomutov	Ústecký kraj	43101	50,47952364	13,40759261
82	Panattoni Park Chomutov North	Chomutov	Chomutov	Ústecký kraj	43201	50,463413	13,40242977
83	Panattoni park Chomutov South	Chomutov	Chomutov	Ústecký kraj	43301	50,5868745	13,8021703
84	VGP Park Chomutov	Chomutov	Chomutov	Ústecký kraj	43101	50,44484475	13,39866284
85	Průmyslová hala Chotěboř	Chotěboř	Havlíčkův Brod	Vysočina	58301	49,71857456	15,66843638
86	CTP park Chrastava	Chrastava	Liberec	Liberecký kraj	46331	50,81730581	14,9651971
87	Business park Prague Chrástany	Chrástany	Benešov	Středočeský kraj	25219	50,0513645	14,2575065
88	Goodman Chrástany	Chrástany	Benešov	Středočeský kraj	25319	50,04902451	14,2553067
89	Prologis Park Chrástany	Chrástany	Benešov	Středočeský kraj	25419	50,04902451	14,2553067
90	Průmyslový areál Ivančice	Ivančice	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66491	49,102512	16,37984683
91	Jažlovice Logistics Centre D1	Říčany	Praha-východ	Středočeský kraj	25101	49,96497577	14,63270116
92	VGP Park Jeneč	Jeneč	Praha-západ	Středočeský kraj	25261	50,09001842	14,20641469
93	Průmyslový areál Jesenice u Chebu	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35002	50,07225765	12,47382844
94	Průmyslový pozemek Jesenice u Chebu	Cheb	Cheb	Karlovarský kraj	35002	50,07225765	12,47382844
95	CTP park Jihlava	Jihlava	Jihlava	Vysočina	58601	49,45885206	15,60895514
96	Logistické centrum Jihlava	Střítež	Pelhřimov	Vysočina	58701	49,45650761	15,62798518
97	CSP park Jindřichův Hradec	Jindřichův Hradec	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	37701	49,15715172	15,01813933
98	CTP park Kadaň	Kadaň	Chomutov	Ústecký kraj	43201	50,4150912	13,26143485
99	Panattoni Park Karlovy Vary	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Karlovarský kraj	36001	50,20563519	12,9149546
100	CTP park Karviná	Karviná	Karviná	Moravskoslezský kraj	72000	49,78578956	18,26869589
101	Industrial warehouse Kladno	Kladno	Kladno	Středočeský kraj	27201	50,12493469	14,12420263
102	Logport Kladno	Kladno	Kladno	Středočeský kraj	27201	50,15475383	14,12654493
103	Panattoni Park Kladno	Kladno	Kladno	Středočeský kraj	27201	50,10148877	14,16750118
104	VG park Kladno	Kladno	Kladno	Středočeský kraj	27201	50,14567871	14,13212874
105	Gabre Klášterec nad Ohří	Klášterec nad Ohří	Chomutov	Ústecký kraj	43151	50,38124918	13,19888394
106	Panattoni Park Klatovy	Klatovy	Klatovy	Plzeňský kraj	33901	49,41725463	13,27706113
107	Skladový areál Klíčany	Klíčany	Praha-východ	Středočeský kraj	25069	50,20289594	14,43407929
108	Demaco Kolín	Kolín	Kolín	Středočeský kraj	28002	50,05657064	15,20625123
109	Industrial&Logistics Park Kolín	Kolín	Kolín	Středočeský kraj	28002	50,50901893	14,96929467
110	Park Velký Osek - Kolín	Kolín	Kolín	Středočeský kraj	28002	50,10504142	15,1873438
111	Průmyslový Park Kopřivnice	Kopřivnice	Nový Jičín	Moravskoslezský kraj	74221	49,5955588	18,14796225
112	Business park Králův Dvůr	Králův Dvůr	Beroun	Středočeský kraj	26701	49,93887137	14,02742476
113	Logistics centre Kuřim	Kuřim	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66434	49,32190579	16,54451876
114	Skladová Hala Kuřim	Kuřim	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66434	49,30293934	16,53546497
115	Smart Zone Kuřim	Kuřim	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66434	49,31407285	16,54601497
116	TOS Kuřim	Kuřim	Brno-venkov	Jihomoravský kraj	66434	49,31720617	16,53559236
117	CTP park Kutná Hora	Kutná Hora	Kutná Hora	Středočeský kraj	28401	49,98118193	15,27414364
118	CTP park Kvasiny	Kvasiny	Rychnov nad Kněžnou	Královéhradecký kraj	51702	50,21273267	16,26311348
119	CTP park Liberec	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46312	50,73079113	15,03907996
120	P3 Liberec	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46412	50,74090481	15,03128162
121	P3 Liberec II	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46512	50,74154208	15,03145326
122	Skladový areál Liberec - Františkov	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46612	50,74686283	15,03222563
123	VGP park Liberec	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46712	50,76469549	15,05309342
124	Industrial Park Liberec - Ostašov	Liberec	Liberec	Liberecký kraj	46812	50,76469549	15,05309342
125	Nordport Libouchec	Libouchec	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40335	50,75796852	14,03507228
126	CTP park Lipník nad Bečvou	Lipník nad Bečvou	Přerov	Olomoucký kraj	75131	49,52998905	17,61132534
127	Logistické centrum Lipovka	Kvasiny	Rychnov nad Kněžnou	Královéhradecký kraj	51702	50,20322662	16,25650952

128	Industrial Park Litoměřice	Litoměřice	Litoměřice	Ústecký kraj	41201	50,53856433	14,12806024
129	Výrobní hala Litovel	Litovel	Olomouc	Olomoucký kraj	78401	49,69010156	17,07861633
130	CTP park Louny	Louny	Louny	Ústecký kraj	43903	50,34049492	13,82498333
131	Lovosice ONE Industrial Park	Lovosice	Litoměřice	Ústecký kraj	41002	50,51282185	14,07551829
132	P3 Lovosice	Lovosice	Litoměřice	Ústecký kraj	41002	50,50518392	14,07437524
133	Segro Logistics Park Lovosice	Lovosice	Litoměřice	Ústecký kraj	41002	50,50840457	14,08973894
134	CTP park Lysá nad Labem	Lysá nad Labem	Nymburk	Středočeský kraj	28922	50,19865338	14,84179566
135	Smart Zone Mikulov	Mikulov	Teplice	Ústecký kraj	69201	48,80425834	16,63588366
136	CTP park Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29301	50,39008054	14,90317458
137	CTP park Mladá Boleslav II	Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29301	50,37672649	14,89776724
138	GLP Logistics Centre Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29401	50,42354212	14,91353231
139	P3 Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29501	50,41431822	14,95715937
140	Panattoni Park Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29601	50,39148095	14,90136214
141	CPI Mlýnec	Kopidlno	Jičín	Královéhradecký kraj	34802	49,70008971	12,73691778
142	Skladová hala Mnichovo Hradiště	Mnichovo Hradiště	Mladá Boleslav	Středočeský kraj	29501	50,51088455	14,96783171
143	Skladová hala Modletice	Modletice	Praha-východ	Středočeský kraj	25170	49,97166064	14,61172045
144	Industry Moravský Krumlov	Moravský Krumlov	Znojmo	Jihomoravský kraj	67201	49,03038087	16,32487295
145	CTP park Most	Most	Most	Ústecký kraj	43401	50,47526895	13,61703582
146	Industrial hall Most	Most	Most	Ústecký kraj	43501	50,51001092	13,62271193
147	Panattoni Park Most	Most	Most	Ústecký kraj	43601	50,48374939	13,62610743
148	P3 Pilsen Myslinka	Myslinka	Plzeň-sever	Plzeňský kraj	33023	49,74828004	13,21823114
149	P3 Plzeň - Myslinka	Myslinka	Plzeň-sever	Plzeňský kraj	33023	49,74828004	13,21823114
150	Výrobní hala Mýto	Mýto	Rokycany	Plzeňský kraj	33805	49,78918783	13,73111485
151	D8 park Logistik	Nelahozeves	Mělník	Středočeský kraj	27751	50,27592168	14,30929776
152	CTP park Nošovice	Nošovice	Frýdek-Místek	Moravskoslezský kraj	73951	49,66998865	18,43487619
153	Areál Nové Strašecí	Nové Strašecí	Rakovník	Středočeský kraj	27101	50,1627598	13,90283459
154	Warehouse Nové Strašecí	Nové Strašecí	Rakovník	Středočeský kraj	27101	50,15740141	13,90405135
155	CTP park Nový Jičín	Nový Jičín	Nový Jičín	Moravskoslezský kraj	74101	49,60432643	18,03797682
156	Obchodní prostory Nový Jičín	Nový Jičín	Nový Jičín	Moravskoslezský kraj	74201	49,60035731	18,00872258
157	Komerční park Nupaky	Nupaky	Praha-východ	Středočeský kraj	25101	49,99024412	14,59617211
158	CTP park Okříšky	Okříšky	Třebíč	Vysočina	67521	49,24615051	15,76848675
159	P3 Olomouc	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	78301	49,57006147	17,20646532
160	Sklad Olomouc Holická	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	77901	49,572548	17,29855005
161	VGP Park Olomouc	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	78301	49,57006147	17,20646532
162	Průmyslový a výrobní areál Bystrovany	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	78353	49,59198712	17,33746665
163	Průmyslový a výrobní areál Bystrovany II	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	78353	49,59198712	17,33746665
164	Průmyslový areál Hodolany	Olomouc	Olomouc	Olomoucký kraj	77900	49,59534847	17,2848976
165	Sklad Opava	Opava	Opava	Moravskoslezský kraj	74601	49,95254195	17,85731773
166	Business park Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	70300	49,81697467	18,2624506
167	CTP park Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,77540386	18,27110741
168	CTP zone Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,76734941	18,27264566
169	Hard Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,77444076	18,26750175
170	Ostrava Airport Multimodal Park	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,68127401	18,10774916
171	Ostrava D1 Park	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,7004286	18,12351823
172	Ostrava Logistics Park	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,81641408	18,15417708
173	P3 Ostrava Central	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,81119406	18,27938423
174	RTL Park Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,815201	18,28040116
175	Tulipán Park Ostrava	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	72000	49,77829912	18,2725306
176	CTP park Ostrava Hrušov	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	71100	49,87732145	18,29300155
177	Areál Mošnov	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	74260	49,69686189	18,12124109
178	Contera park Mošnov	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	74260	49,69036515	18,127194
179	CTP park Ostrava Poruba	Ostrava	Ostrava-město	Moravskoslezský kraj	70800	49,8175715	18,15515537
180	Logistický park Ostrov	Ostrov	Havlíčkův Brod	Vysočina	34901	49,7043849	13,03853283
181	Panattoni park Ostrov - North	Ostrov	Havlíčkův Brod	Vysočina	34901	50,3268139	12,951873
182	Logistický park D1-Ostředek	Ostředek	Benešov	Středočeský kraj	25724	49,98894698	14,59137947
183	Prologis Park D1 Ostředek	Ostředek	Benešov	Středočeský kraj	25724	49,98629809	14,82305841
184	D+D Zelená Louka Pardubice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,05679722	15,73443741
185	Logistika Park Pardubice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,02041182	15,8082027
186	Průmyslový park Pardubice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,02687005	15,7988364
187	Průmyslový areál Stěblová u Pardubic	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,02187962	15,8047158
188	Sklad Pardubice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,02247646	15,72425192
189	Techno park Pardubice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53006	50,01835621	15,68496366
190	Logistické centrum Pelhřimov	Pelhřimov	Pelhřimov	Vysočina	39301	49,42041372	15,21825931
191	Industrial park Písek	Písek	Frýdek-Místek	Moravskoslezský kraj	39701	49,32383893	14,12281959
192	CSP park Planá nad Lužnicí	Planá nad Lužnicí	Tábor	Jihočeský kraj	39111	49,35935709	14,71878004

193	CTP park Plzeň	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,73132071	13,34187788
194	CTP zone Plzeň	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,73131378	13,34194226
195	Díleňské prostory Doubravka	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,7448784	13,39101019
196	Logistický areál Plzeň Doubravka	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,75430665	13,4279672
197	Panattoni Pilsen Digital Park	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,7266876	13,3424608
198	Panattoni Pilsen West II	Úherce	Louny	Ústecký kraj	30100	49,70502104	13,23621491
199	Panattoni park Pilsen City	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,73565217	13,32582214
200	Prologis Park Pilsen II	Nýřany	Plzeň-sever	Plzeňský kraj	30100	49,73348108	13,12326037
201	Retiro Plzeň	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,7266876	13,3424608
202	Sklad Plzeň východ	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,72482049	13,38462302
203	Skladové prostory Plzeň-Jih	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,74578676	13,37602191
204	VGP Park Plzeň	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,72255756	13,43355851
205	Flexis Business Park	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	30100	49,77870246	13,32259553
206	Business park Plzeň Křimice	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	32200	49,75176699	13,32445717
207	Business park Plzeň Vejprnice	Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský kraj	33027	49,72236617	13,28314313
208	Panattoni park Podbořany	Podbořany	Louny	Ústecký kraj	44101	50,22196635	13,40317088
209	CTP park Pohořelice	Pohořelice	Zlín	Zlínský kraj	69123	49,13663286	16,52135213
210	Skladové prostory Popovičky	Popovičky	Praha-východ	Středočeský kraj	25101	49,96090409	14,60052936
211	Průmyslový park Pradubice - Rosice	Pardubice	Pardubice	Pardubický kraj	53351	50,04561774	15,73302322
212	CTP park Prague Airport	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25268	50,11874822	14,26718481
213	CTP park Prague East	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25101	49,98735053	14,60033048
214	CTP park Prague North	Praha	Praha	Hlavní město Praha	27745	50,2451066	14,36775894
215	CTP park Prague West	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25219	50,05491517	14,26762778
216	City park Hostivař	Praha	Praha	Hlavní město Praha	10200	50,06204775	14,53997164
217	Eastgate park Prague	Praha	Praha	Hlavní město Praha	15521	50,05409979	14,28771117
218	Letňany Business Park	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19700	50,13368033	14,52617638
219	Logicor Prague Airport	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25268	50,11905092	14,26708704
220	Logport Prague West	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25268	50,03100195	14,28092226
221	Nord Park Prague	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25301	50,12425483	14,62607623
222	P3 Prague D1	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25163	49,94196387	14,65182088
223	P3 Prague D11	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19300	50,12959445	14,62256975
224	P3 Prague D8	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25301	50,17740404	14,44754421
225	P3 Prague Letňany	Praha	Praha	Hlavní město Praha	19700	50,14284262	14,5134567
226	PRARENA I. Praha 10	Praha	Praha	Hlavní město Praha	10200	50,05108059	14,52362361
227	Panattoni park Prague Airport II Pavlov	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25268	50,10148189	14,16744754
228	Panattoni Park Prague City	Praha	Praha	Hlavní město Praha	27745	50,25429512	14,36822653
229	Prologis Park Prague - Úžice	Praha	Praha	Hlavní město Praha	27745	50,25429512	14,36822653
230	Prologis Park Prague D1 East	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25301	49,97075988	14,62239627
231	Prologis Park Prague D1 West	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25301	49,97565052	14,62576283
232	Prologis Park Prague D1 West II	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25301	49,97463797	14,59009608
233	Prologis Park Prague Jirny	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25090	50,11779625	14,69371183
234	Prologis Park Prague Airport	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25268	50,08985111	14,20414073
235	Prologis Park Prague Rudná	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25219	50,01965786	14,20322993
236	Westpoint Distribution Park	Praha	Praha	Hlavní město Praha	16100	50,09200645	14,32413403
237	Fabrika Business Park	Praha	Praha	Hlavní město Praha	15000	50,0538266	14,4084136
238	Karlovarská Business Park	Praha	Praha	Hlavní město Praha	16000	50,07930629	14,29060553
239	Čestlice Business Park	Praha	Praha	Hlavní město Praha	25100	49,99729334	14,58781761
240	Business park Prague Zličín	Praha	Praha	Hlavní město Praha	15521	50,05725047	14,27950381
241	VGP Park Prostějov	Prostějov	Prostějov	Olomoucký kraj	79601	49,47249909	17,13586156
242	Logistické centrum Přehýšov	Přehýšov	Plzeň-sever	Plzeňský kraj	33023	49,71890631	13,12253961
243	CTP park Přestice	Přestice	Plzeň-jih	Plzeňský kraj	33401	49,56767301	13,3217796
244	Panattoni Park Přestice	Přestice	Plzeň-jih	Plzeňský kraj	33401	49,58176367	13,32143802
245	Logicor Příšovice	Jeneč	Praha-západ	Středočeský kraj	46346	50,57389716	15,07414316
246	P3 Příšovice	Jeneč	Praha-západ	Středočeský kraj	46346	50,57869627	15,07363651
247	Arete Rokycany	Rokycany	Rokycany	Plzeňský kraj	33701	49,75150288	13,57779072
248	Výrobně skladovací areál Rosice	Rosice	Chrudim	Pardubický kraj	66417	49,17643249	16,40657916
249	Industry park Rousínov	Rousínov	Vyškov	Jihomoravský kraj	68301	49,19819307	16,87990314
250	Průmyslový Park Rumburk	Rumburk	Děčín	Ústecký kraj	40801	50,94363165	14,55737232
251	Skladový areál Řečkovice	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62100	49,23856005	16,55642453
252	Green Square Říčany	Říčany	Praha-východ	Středočeský kraj	25100	49,97277707	14,62680063
253	Areál Slatina	Brno	Brno-město	Jihomoravský kraj	62700	49,16631348	16,68261201
254	Skladový prostor Slavkov	Slavkov	Opava	Moravskoslezský kraj	66407	49,18852066	16,81067998
255	Panattoni park Stará Boleslav	Brandýs nad Labem	Stará Boleslav	Středočeský kraj	29474	50,21607795	14,68644764
256	Skladový areál Stochov	Stochov	Kladno	Středočeský kraj	27061	50,1367902	13,96537096
257	CTP park Stříbro	Stříbro	Tachov	Plzeňský kraj	34901	49,70399564	13,03861505

258	Panattoni Park Stříbro	Stříbro	Tachov	Plzeňský kraj	34901	49,70405605	13,03878748
259	YZO Světlá nad Sázavou	Světlá nad Sázavou	Havlíčkův Brod	Vysočina	58291	49,6668243	15,41464962
260	Industrial park Svitavy	Svitavy	Svitavy	Parubický kraj	56802	49,76194634	16,47479338
261	Prologis Park Pilsen - Štětovice	Štětovice	Plzeň-jih	Plzeňský kraj	33209	49,67076573	13,40054156
262	Sklad Plzeň - Štětovice	Štětovice	Plzeň-jih	Plzeňský kraj	33209	49,67076573	13,40054156
263	Průmyslová zóna Tábor	Tábor	Tábor	Jihočeský kraj	39102	49,37809386	14,69556216
264	Industrial park Tachov A	Tachov	Česká Lípa	Liberecký kraj	34701	49,80686275	12,64600005
265	CTP park Teplice	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,661595	13,87654782
266	CTP park Teplice II	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,66960827	13,88346712
267	Green Square Teplice	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,65989762	13,86033589
268	Green Square Teplice II	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,6587626	13,86043957
269	Panattoni Park Teplice South	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,58690856	13,80215957
270	Skladový areál JTH Teplice	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,62571804	13,82929053
271	Výrobní areál Teplice	Teplice	Teplice	Ústecký kraj	41742	50,64237407	13,78740431
272	Průmyslový Park Trmice	Trmice	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40004	50,63992641	13,99081239
273	Air depo Tuchoměřice	Tuchoměřice	Praha-západ	Středočeský kraj	25267	50,13742582	14,27449993
274	VGP Park Tuchoměřice	Tuchoměřice	Praha-západ	Středočeský kraj	25267	50,13484017	14,26045037
275	P3 Turnov	Turnov	Semily	Liberecký kraj	51101	50,60666574	15,14855408
276	Arete Uherské Hradiště	Uherské Hradiště	Uherské Hradiště	Zlínský kraj	68601	49,07950588	17,48089891
277	Panattoni Park Uničov	Uničov	Olomouc	Olomoucký kraj	78391	49,76267461	17,11242909
278	CTP park Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40010	50,69396047	13,97412418
279	Sklad Přístav Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40010	50,66451752	14,07564439
280	VGP Park Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40010	50,68316093	13,91605694
281	VGP Park Ústí nad Labem City	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký kraj	40010	50,68322211	13,91601403
282	Průmyslová hala Velká Bíteš - Košíkov	Velká Bíteš	Žďár nad Sázavou	Vysočina	59501	49,26996276	16,2382338
283	HiPark Vestec	Vestec	Praha-západ	Středočeský kraj	25242	49,9896652	14,4900768
284	VGP Park Vyškov	Vyškov	Vyškov	Jihomoravský kraj	68201	49,28412483	17,02491936
285	Výrobní hala Vyškov	Vyškov	Vyškov	Jihomoravský kraj	68201	49,27077316	16,98908019
286	CTP park Zákupy	Zákupy	Česká Lípa	Liberecký kraj	47123	50,68156725	14,62830666
287	Archan Zápy	Zápy	Praha-východ	Středočeský kraj	25089	50,1753171	14,69783001
288	Panattoni park Zdice	Zdice	Beroun	Středočeský kraj	26751	49,86358483	13,8972591
289	Logistické Centrum Zlín Malenovice	Zlín	Zlín	Zlínský kraj	76001	49,23107837	17,67167531
290	Cream Zlín	Zlín	Zlín	Zlínský kraj	76001	49,22447357	17,65656828
291	Technopark Znojmo	Znojmo	Znojmo	Jihomoravský kraj	66902	48,84812086	16,07493434
292	CTP park Žatec	Žatec	Louny	Ústecký kraj	43801	50,37667507	13,57965208
293	CTP park Žatec II	Žatec	Louny	Ústecký kraj	43801	50,37549113	13,61955487
294	CTP park České Velenice	České Velenice	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	37810	48,78178105	14,9751521

Příloha 2 Seznam obcí s omezenou dostupností

Id	Název	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	PSČ	Vzdálenost >66 KM
5	Adršpach	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6208333	16,1119444	54952	72,62560854
35	Bačkovice	Třebíč	Vysočina	48,9686111	15,5891667	67532	59,5079884
54	Batňovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5138889	16,0527778	54237	60,27445613
108	Bernartice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3888889	17,0808333	79057	78,52773437
111	Bernartice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6463889	15,9652778	54204	72,67659219
141	Bílá Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,4441667	16,9077778	79069	78,50099445
222	Bohumilice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0961111	13,8211111	38481	59,48964415
238	Bohušov	Bruntál	Moravskoslezský kraj	50,2458333	17,7177778	79398	59,96784374
279	Borová Lada	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9908333	13,6719444	38492	75,45821316
286	Borovnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5136111	15,6033333	54477	59,7501564
319	Božanov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5255556	16,3563889	54974	61,40781139
342	Branná	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1522222	17,0133333	78825	63,2490966
378	Broumov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5813889	16,3369444	54983 - 55001	67,32540238
473	Buk	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0419444	13,8508333	38421	63,05826908
485	Bukovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5502778	16,2291667	54961	63,61040526
493	Bukovník	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2244444	13,6725000	34201	60,48859001
629	Čermná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5530556	15,7697222	54377	62,16403721
636	Černá Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3105556	17,1563889	79054	68,29991628
666	Černý Důl	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6386111	15,7088889	54343 - 54372	65,68792514
672	Červená Voda	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,0419444	16,7433333	56161	62,59577227
688	Česká Metuje	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5450000	16,1830556	54931 - 54956	63,38002461
692	Česká Ves	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2547222	17,2269444	79081	60,40017898
732	Čistá u Horek	Semily	Liberecký kraj	50,5319790	15,6075980	51235	59,46661774
777	Dešná	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,9583333	15,5472222	37873 - 37881	61,82896152
901	Dolní Dvůr	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6550000	15,6563889	54342	62,21978763
909	Dolní Kalná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5422222	15,6433333	54374	61,66706244
914	Dolní Lánov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6072222	15,6652778	54341	62,46434234
925	Dolní Morava	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,1247222	16,7991667	56169	65,41380011
931	Dolní Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5266667	15,7144444	54375	60,21073073
972	Domoraz	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2516667	13,6711111	34201	59,7300759
1034	Drslavice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0263889	13,9216667	38421	62,16306524
1067	Dublovice	Příbram	Středočeský kraj	49,6694444	14,3647222	26251 - 26401	62,55926859
1085	Dvory	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0427778	13,9461111	38421	59,78869484
1154	Hanušovice	Šumperk	Olomoucký kraj	50,0797222	16,9336111	78833	63,50649271
1174	Hejtmánkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6025000	16,2938889	55001	69,39498887
1190	Hejtmánkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6283333	16,3252778	54984 - 55001	72,42207158
1213	Hlinka	Bruntál	Moravskoslezský kraj	50,2808333	17,6747222	79399	61,95792093
1328	Horní Kalná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5563889	15,6305556	54371	60,48850105
1345	Horní Maršov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6636111	15,8180556	54226	73,63984474
1353	Horní Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5336111	15,6802778	54374 - 54375	61,71893307
1389	Horní Vltavice	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9544444	13,7616667	38491	74,75832211

1396	Horská Kvilda	Klatovy	Plzeňský kraj	49,0597222	13,5616667	34192 - 38501	70,80462434
1430	Hostinné	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5433333	15,7241667	54371	61,80089267
1469	Hradec-Nová Ves	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2831690	17,2812240	79083	61,5645361
1495	Hřava	Frýdek-Místek	Moravskoslezský kraj	49,5205556	18,8350000	73998	59,28316125
1576	Hynčice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6227778	16,2858333	54983	71,6233424
1719	Chvaleč	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5955556	16,0425000	54103 - 54211	68,48974107
1772	Janoušov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,0141667	16,8447222	78991	59,90926243
1784	Janské Lázně	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6316667	15,7822222	54225	70,69228782
1806	Javorník	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3922222	17,0041667	79070	81,87551503
1850	Jetřichov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6100000	16,2600000	54983	70,17466259
1887	Jindřichov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1005556	16,9908333	78823	62,27904469
1914	Jívka	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5586111	16,1088889	54213	65,984084
1973	Kamýk nad Vltavou	Příbram	Středočeský kraj	49,6391667	14,2522222	26263	60,15580282
2004	Kašperské Hory	Klatovy	Plzeňský kraj	49,1452778	13,5655556	34192	62,77672179
2047	Klásterská Lhota	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5602778	15,6680556	54371	63,03950812
2093	Kňovice	Příbram	Středočeský kraj	49,6863889	14,4041667	26293 - 26401	59,5166461
2100	Kobylá nad Vidnavkou	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3420640	17,1236450	79056	72,50230037
2161	Kopřivná	Šumperk	Olomoucký kraj	50,0494444	16,9477778	78833	59,99762242
2185	Kosova Hora	Příbram	Středočeský kraj	49,6536111	14,4722222	26291 - 26401	60,55758808
2285	Králíky	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,0819444	16,7602778	56169	64,29449584
2288	Královec	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6783333	15,9719444	54203	76,25739253
2305	Krásná Hora nad Vltavou	Příbram	Středočeský kraj	49,6033333	14,2783333	26256	59,04806217
2325	Kratušín	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0213889	13,9341667	38421	62,31975846
2383	Křepenice	Příbram	Středočeský kraj	49,7033333	14,3458333	26401	59,47639016
2397	Křínice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5711111	16,3127778	55001	66,00508674
2421	Kubova Huť	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9836111	13,7738889	38501	71,5539331
2433	Kunčice nad Labem	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5833333	15,6227778	54361	59,57403651
2475	Kvilda	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0186111	13,5863889	38493	75,69543668
2500	Lampertice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6613889	15,9527778	54101	74,18755714
2502	Lánov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6313889	15,6636111	54341	62,44118228
2531	Lažišťe	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0394444	13,9319444	38432	60,53262611
2550	Lenora	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9250000	13,8044444	38442 - 38444	73,02626759
2701	Lipová-lázně	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2291667	17,1552778	79061 - 79063	60,9685412
2804	Lovčovice	Třebíč	Vysočina	48,9800000	15,5391667	67531	59,97684331
2817	Lubnice	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,9397222	15,6155556	67107	61,09377774
2887	Malá Morava	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1083333	16,8263889	78833	67,7707572
2892	Malá Úpa	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,7266667	15,8186111	54227	75,0735328
2902	Malé Svatoňovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5350000	16,0483333	54234	62,30931357
2950	Martínkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5491667	16,3430556	54973	63,83675912
3009	Meziměstí	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6247222	16,2436111	54981	71,83198089
3029	Mikulovice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3044444	17,3344444	79083 - 79084	62,61598721
3093	Mladé Buky	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6080556	15,8441667	54223	67,77137765
3128	Modrava	Klatovy	Plzeňský kraj	49,0250000	13,4947222	34192	72,39290822
3237	Nalžovice	Příbram	Středočeský kraj	49,7000000	14,3713889	26293 - 26401	59,31467207
3352	Nezamyslice	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2627778	13,6722222	34201	59,37514041

3360	Nicov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,1266667	13,6227778	38473	66,90436972
3386	Nová Pec	Prachatice	Jihočeský kraj	48,7936111	13,9508333	38451 - 38462	62,31233591
3430	Nové Hutě	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0391667	13,6522222	38501	72,6041776
3433	Nové Město na Moravě	Žďár nad Sázavou	Vysočina	49,5636111	16,0750000	59231	59,96992491
3608	Orlíčky	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,0313889	16,6811111	56155	59,40707113
3641	Osoblaha	Bruntál	Moravskoslezský kraj	50,2741667	17,7161111	79399	62,62233911
3668	Ostružná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,1858333	17,0555556	78826	62,78176882
3688	Otovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5569444	16,3913889	54972	65,340313
3751	Pec pod Sněžkou	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6966667	15,7383333	54221 - 54222	68,76745708
3811	Pilníkov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5361111	15,8194444	54242	59,86089836
3812	Písařov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,0072222	16,8011111	78991	61,16985517
3813	Písečná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2738889	17,2591667	79082	61,23962798
3816	Písečné	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,9655556	15,4622222	37872 - 37881	64,34748786
3871	Počepice	Příbram	Středočeský kraj	49,5969444	14,3822222	26255	59,23367406
3942	Police nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5366667	16,2355556	54954	62,02779388
3998	Prachatice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0136111	14,0019444	38301	59,77488047
4006	Prášíly	Klatovy	Plzeňský kraj	49,1075000	13,3822222	34143 - 34201	61,27835558
4023	Prosečné	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5663889	15,6863889	54373	64,23372978
4105	Příčovy	Příbram	Středočeský kraj	49,6719444	14,3891667	26401	61,45062502
4228	Radvanice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5686111	16,0644444	54212	66,2014017
4273	Rejstěj	Klatovy	Plzeňský kraj	49,1419444	13,5205556	34192 - 34201	61,34322155
4365	Rtyně v Podkrkonoší	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5066667	16,0683333	54233	60,01800009
4378	Rudník	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5908333	15,7319444	54371 - 54372	66,80069175
4481	Sedlčany	Příbram	Středočeský kraj	49,6575000	14,4258333	26401	61,54698477
4566	Skorošice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3047222	17,0763889	79066	71,0283584
4631	Slezské Pavlovice	Bruntál	Moravskoslezský kraj	50,3119444	17,7019444	79399	65,90877234
4682	Soběšice	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2097222	13,6880556	34201	60,00237446
4727	Srní	Klatovy	Plzeňský kraj	49,0891667	13,4825000	34192 - 34194	65,41111508
4733	Stachy	Prachatice	Jihočeský kraj	49,1038889	13,6652778	38473	67,26343249
4744	Stará Červená Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3263889	17,1991667	79053	68,35281443
4758	Staré Hobzí	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	49,0127778	15,4533333	37871 - 38001	60,62962278
4765	Staré Město	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1625000	16,9477778	78832	67,89686721
4779	Stárkov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5336111	16,1608333	54936	62,40988186
4816	Stožec	Prachatice	Jihočeský kraj	48,8594444	13,8272222	38444	72,11310642
4836	Strašín	Klatovy	Plzeňský kraj	49,1788889	13,6427778	34165 - 34201	63,49370373
4852	Strážné	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6627778	15,6147222	54352	59,46406321
4854	Strážný	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9061111	13,7261111	38443 - 38444	78,83464958
4946	Suchovršice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5238889	16,0011111	54232	60,00740426
4948	Suchý Důl	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5411111	16,2702778	54954 - 54962	62,51755082
4957	Supikovice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2997222	17,2597222	79051	63,84909049
4964	Svatá Maří	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0669444	13,8375000	38421 - 38501	61,29601726
4972	Svatý Jan	Příbram	Středočeský kraj	49,6383333	14,3125000	26256 - 26264	63,55911059
5005	Svoboda nad Úpou	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6269444	15,8144444	54224	69,96068349
5075	Šléglov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1533333	16,9833333	78825	65,18138478
5077	Šonov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5922222	16,4005556	54971	69,30705946

5080	Špindlerův Mlýn	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,7250000	15,6052778	54351	60,77530791
5115	Šumavské Hoštice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0419444	13,8688889	38421 - 38471	62,37516815
5163	Teplice nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5897222	16,1713889	54957	68,42043779
5254	Trutnov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5619444	15,9069444	54101	62,81640387
5359	Uhelná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3647222	17,0288889	79068	78,37458085
5364	Uherčice	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,9150000	15,6311111	67107	59,29509368
5429	Úpice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5100000	16,0222222	54232	59,04498234
5469	Vacov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,1355556	13,7355556	38473 - 38486	61,05828748
5495	Vápenná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,2863889	17,0997222	79064	68,40129761
5551	Velká Kraš	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3636111	17,1441667	70958 - 79058	73,83583388
5571	Velké Kunčice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3172222	17,2686111	79052	65,41632543
5577	Velké Petrovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5202778	16,2161111	54931 - 54954	60,3595703
5582	Velké Svatoňovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5366667	16,0297222	54234 - 54235	62,0075481
5615	Vernéřovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6158333	16,2111111	54982	70,97394502
5668	Vidnava	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3727778	17,1866667	79055	73,38052284
5674	Vikantice	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1377778	16,9941667	78825	63,70306231
5685	Vimperk	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0594444	13,7861111	38501	64,24938834
5739	Vlčice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3453780	17,0460790	79067	75,92203746
5740	Vlčice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,5616667	15,8255556	54241	62,66724919
5784	Volary	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9116667	13,8947222	38451	66,49723962
5818	Vratěšín	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,9038889	15,6011111	67107	61,20201327
5935	Vysoký Chlumeček	Příbram	Středočeský kraj	49,6172222	14,3880556	26252	60,64391214
5956	Záblatí	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9986111	13,9386111	38301 - 38433	63,90000747
5962	Zábrdí	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0288889	13,9452778	38421	61,24483418
6060	Zbytín	Prachatice	Jihočeský kraj	48,9413889	13,9800000	38301 - 38441	60,20040833
6072	Zdítov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0844444	13,7008333	38472 - 38473	66,60149287
6095	Zlatá Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6352778	15,9458333	54204	71,24398218
6137	Žacléř	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,6669444	15,9108333	54201	74,46958792
6151	Žárovná	Prachatice	Jihočeský kraj	49,0480556	13,9058333	38471	60,48301302
6164	Žďár nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,5388889	16,2144444	54955 - 55205	62,43076759
6199	Želnavá	Prachatice	Jihočeský kraj	48,8191667	13,9716667	38451	61,75894776
6221	Žihobce	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2161111	13,6308333	34162 - 34201	60,02676776
6247	Žulová	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3066667	17,1038889	79056 - 79065	70,01969751
6249	Županovice	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,9572222	15,5108333	37881	63,20225676

Příloha 3 Sloučení okresů Klatovy a Prachatice

Id	Název	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	PSČ	Poptávka	Vatálenost MAX	Vypočtená lokace		Optimalizace umístění	
									xij	yij	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
493	Bukovník	Klatovy	Plzeňský kraj	49,2244444	13,6725	34201	1	65,0323738	49,2244444	13,6725		
972	Domoraz	Klatovy	Plzeňský kraj	49,25166667	13,67111111	34201	1	67,86552425	49,25166667	13,67111111		
1396	Horská Kvilda	Klatovy	Plzeňský kraj	49,05972222	13,56166667	34192 - 38501	1	54,03571982	49,05972222	13,56166667		
2004	Kašperské Hory	Klatovy	Plzeňský kraj	49,14527778	13,56555556	34192	1	61,16638167	49,14527778	13,56555556		
3128	Modrava	Klatovy	Plzeňský kraj	49,025	13,49472222	34192	1	55,10871111	49,025	13,49472222		
3352	Nezamyslice	Klatovy	Plzeňský kraj	49,26277778	13,67222222	34201	1	68,98408379	49,26277778	13,67222222		
4006	Prácheň	Klatovy	Plzeňský kraj	49,1075	13,38222222	34143 - 34201	1	67,24225508	49,1075	13,38222222		
4273	Rejštejn	Klatovy	Plzeňský kraj	49,14194444	13,52055556	34192 - 34201	1	62,86743412	49,14194444	13,52055556		
4682	Soběšice	Klatovy	Plzeňský kraj	49,20972222	13,68805556	34201	1	63,08301057	49,20972222	13,68805556		
4727	Srní	Klatovy	Plzeňský kraj	49,08916667	13,4825	34192 - 34194	1	60,43466345	49,08916667	13,4825		
4836	Strašín	Klatovy	Plzeňský kraj	49,17888889	13,64277778	34165 - 34201	1	61,38016644	49,17888889	13,64277778		
6221	Zhobce	Klatovy	Plzeňský kraj	49,21611111	13,63083333	34162 - 34201	1	65,45890113	49,21611111	13,63083333		
222	Bohumilice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,09611111	13,82111111	38481	1	47,94514217	49,09611111	13,82111111		
279	Borová Lada	Prachatice	Jihočeský kraj	48,99083333	13,67194444	38492	1	43,23884931	48,99083333	13,67194444		
473	Buk	Prachatice	Jihočeský kraj	49,04194444	13,85083333	38421	1	47,90367219	49,04194444	13,85083333		
1034	Děslavice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,02638889	13,92166667	38421	1	53,3213922	49,02638889	13,92166667		
1085	Dvory	Prachatice	Jihočeský kraj	49,04277778	13,94611111	38421	1	54,6994708	49,04277778	13,94611111		
1389	Horní Vltavice	Prachatice	Jihočeský kraj	48,95444444	13,76166667	38491	1	47,89782032	48,95444444	13,76166667		
2325	Kmářov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,02138889	13,93416667	38421	1	54,3366242	49,02138889	13,93416667		
2421	Kubova Huť	Prachatice	Jihočeský kraj	48,98361111	13,77388889	38501	1	44,91135218	48,98361111	13,77388889		
2475	Kvílda	Prachatice	Jihočeský kraj	49,01861111	13,58638889	38493	1	49,54365269	49,01861111	13,58638889		
2531	Lažstě	Prachatice	Jihočeský kraj	49,03944444	13,93194444	38432	1	53,75196642	49,03944444	13,93194444		
2550	Lenora	Prachatice	Jihočeský kraj	48,925	13,80444444	38442 - 38444	1	51,77342536	48,925	13,80444444		
3360	Nicov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,12666667	13,62277778	38473	1	57,10399582	49,12666667	13,62277778		
3386	Nová Pec	Prachatice	Jihočeský kraj	48,79361111	13,95083333	38451 - 38462	1	68,98408379	48,79361111	13,95083333		
3430	Nové Hutě	Prachatice	Jihočeský kraj	49,03916667	13,65222222	38501	1	47,95227032	49,03916667	13,65222222		
3998	Prachatice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,01361111	14,00194444	38301	1	59,34505778	49,01361111	14,00194444		
4733	Stachy	Prachatice	Jihočeský kraj	49,10388889	13,66527778	38473	1	53,31346447	49,10388889	13,66527778		
4816	Stožec	Prachatice	Jihočeský kraj	48,85944444	13,82722222	38444	1	59,24865197	48,85944444	13,82722222		
4854	Strážný	Prachatice	Jihočeský kraj	48,90611111	13,72611111	38443 - 38444	1	52,8532265	48,90611111	13,72611111		
4964	Svatá Maří	Prachatice	Jihočeský kraj	49,06694444	13,8375	38421 - 38501	1	46,45974147	49,06694444	13,8375		
5115	Sumavské Hoštice	Prachatice	Jihočeský kraj	49,04194444	13,86888889	38421 - 38471	1	49,19088987	49,04194444	13,86888889		
5469	Vacov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,13555556	13,73555556	38473 - 38486	1	54,14232902	49,13555556	13,73555556		
5685	Vimperk	Prachatice	Jihočeský kraj	49,05944444	13,78611111	38501	1	44,9151327	49,05944444	13,78611111		
5784	Volary	Prachatice	Jihočeský kraj	48,91166667	13,89472222	38451	1	56,25997102	48,91166667	13,89472222		
5956	Záblatí	Prachatice	Jihočeský kraj	48,99861111	13,93861111	38301 - 38433	1	55,31469568	48,99861111	13,93861111		
5962	Zábrdí	Prachatice	Jihočeský kraj	49,02888889	13,94527778	38421	1	54,93980493	49,02888889	13,94527778		
6060	Zbivín	Prachatice	Jihočeský kraj	48,94138889	13,98	38301 - 38441	1	60,33872564	48,94138889	13,98		
6072	Zdihov	Prachatice	Jihočeský kraj	49,08444444	13,70083333	38472 - 38473	1	50,13817834	49,08444444	13,70083333		
6151	Zárovná	Prachatice	Jihočeský kraj	49,04805556	13,90583333	38471	1	51,70645528	49,04805556	13,90583333		
6199	Zehava	Prachatice	Jihočeský kraj	48,81916667	13,97166667	38451	1	66,94045041	48,81916667	13,97166667		
							41		2011,031389	564,0002778		
									49,04954607	13,75610434	49,05447693	13,79816438

Před minimalizací	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
	Klatovy	Plzeňský kraj	49,23926958	13,52086933
	Prachatice	Jihočeský kraj	49,06713117	13,78199222
Po minimalizaci	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
	Prachatice	Jihočeský kraj	49,05447693	13,79816438

Příloha 4 Sloučení okresů Náchod a Trutnov

Id	Název	Okres	Kraj	Zeměpisná síťka	Zeměpisná délka	PSC	Poptávka	Vzálenost MAX	Vypočtená lokace		Optimalizace umístění	
									Zeměpisná síťka	Zeměpisná délka	Zeměpisná síťka	Zeměpisná délka
5	Adršpach	Náchod	Královéhradecký kraj	50,62083333	16,11194444	54952	1	50,84894106	50,62083333	16,11194444		
319	Božanov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,52555556	16,35638889	54974	1	70,43778345	50,52555556	16,35638889		
378	Broumov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,58138889	16,33694444	54983 - 55001	1	66,99679347	50,58138889	16,33694444		
485	Bukovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,55027778	16,22916667	54961	1	61,0964671	50,55027778	16,22916667		
688	Česká Metuje	Náchod	Královéhradecký kraj	50,545	16,18305556	54931 - 54956	1	58,39857919	50,545	16,18305556		
1174	Hejtmánkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,6025	16,29388889	55001	1	63,41045523	50,6025	16,29388889		
1190	Helmánkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,62833333	16,32527778	54984 - 55001	1	65,55677967	50,62833333	16,32527778		
1576	Hynčice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,62277778	16,28883333	54983	1	62,70733386	50,62277778	16,28883333		
1850	Jetřichov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,61	16,26	54983	1	60,88210573	50,61	16,26		
2397	Křmice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,57111111	16,31277778	55001	1	65,73657224	50,57111111	16,31277778		
2950	Martínkovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,54916667	16,34305556	54973	1	68,5824122	50,54916667	16,34305556		
3009	Mzáměstí	Náchod	Královéhradecký kraj	50,62472222	16,24361111	54981	1	59,8769233	50,62472222	16,24361111		
3688	Osvice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,55694444	16,39138889	54972	1	71,49906910	50,55694444	16,39138889		
3942	Police nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,53666667	16,23555556	54954	1	62,14051489	50,53666667	16,23555556		
4779	Stávek	Náchod	Královéhradecký kraj	50,53361111	16,16083333	54936	1	57,59182815	50,53361111	16,16083333		
4948	Suchý Důl	Náchod	Královéhradecký kraj	50,54111111	16,27027778	54954 - 54962	1	64,16509934	50,54111111	16,27027778		
5077	Sonov	Náchod	Královéhradecký kraj	50,59222222	16,40055556	54971	1	70,97110239	50,59222222	16,40055556		
5163	Teplice nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,58972222	16,17138889	54957	1	55,64743059	50,58972222	16,17138889		
5577	Velké Petrovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,52027778	16,21611111	54931 - 54954	1	61,73426847	50,52027778	16,21611111		
5615	Veměřovice	Náchod	Královéhradecký kraj	50,61583333	16,21111111	54982	1	57,40757009	50,61583333	16,21111111		
6164	Zdár nad Metují	Náchod	Královéhradecký kraj	50,53888889	16,21444444	54955 - 55205	1	60,68904495	50,53888889	16,21444444		
54	Bathovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,51388889	16,05277778	54237	1	39,341686	50,51388889	16,05277778		
111	Bernartice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,64638889	15,96527778	54204	1	44,67524711	50,64638889	15,96527778		
286	Borovnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,51361111	15,60333333	54477	1	69,99723976	50,51361111	15,60333333		
629	Cermná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,55305556	15,76972222	54377	1	57,76158124	50,55305556	15,76972222		
666	Cerný Důl	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,63861111	15,70888889	54343 - 54372	1	62,07268712	50,63861111	15,70888889		
901	Dolní Dvůr	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,655	15,65638889	54342	1	66,0021973	50,655	15,65638889		
909	Dolní Kalná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,54222222	15,64333333	54374	1	66,76902975	50,54222222	15,64333333		
914	Dolní Lánov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,60722222	15,66527778	54341	1	64,92192238	50,60722222	15,66527778		
931	Dolní Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,52666667	15,71444444	54375	1	62,01154522	50,52666667	15,71444444		
1328	Horní Kalná	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,55638889	15,63055556	54371	1	67,52089333	50,55638889	15,63055556		
1345	Horní Maršov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,66361111	15,81805556	54226	1	55,15902979	50,66361111	15,81805556		
1353	Horní Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,53361111	15,68027778	54374 - 54378	1	64,29191728	50,53361111	15,68027778		
1430	Houtímě	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,54333333	15,72416667	54371	1	61,07954356	50,54333333	15,72416667		
1719	Chvalšín	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,59555556	16,0425	54103 - 54211	1	38,27711041	50,59555556	16,0425		
1784	Janské Lázně	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,63166667	15,78222222	54225	1	56,84992854	50,63166667	15,78222222		
1914	Jivka	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,55861111	16,10888889	54213	1	40,04311149	50,55861111	16,10888889		
2047	Klářovská Lhota	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,56027778	15,66805556	54371	1	64,84667196	50,56027778	15,66805556		
2288	Královec	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,67833333	15,97194444	54203	1	45,52569334	50,67833333	15,97194444		
2433	Kunčice nad Labem	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,58333333	15,62277778	54361	1	67,91753029	50,58333333	15,62277778		
2500	Lampertice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,66138889	15,95277778	54101	1	46,05774626	50,66138889	15,95277778		
2502	Lánov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,63138889	15,66361111	54341	1	65,18145653	50,63138889	15,66361111		
2892	Malá Úpa	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,72666667	15,81861111	54227	1	57,58142816	50,72666667	15,81861111		
2902	Malé Svatoňovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,535	16,04833333	54234	1	38,67938652	50,535	16,04833333		
3093	Mladé Buky	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,60805556	15,84416667	54223	1	52,30850575	50,60805556	15,84416667		
3751	Pec pod Sněžkou	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,69666667	15,73833333	54221 - 54222	1	61,61483786	50,69666667	15,73833333		
3811	Pitňikov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,53611111	15,81944444	54242	1	54,51674445	50,53611111	15,81944444		
4023	Prosečné	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,56638889	15,68638889	54373	1	63,50874859	50,56638889	15,68638889		
4228	Radvanice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,56861111	16,06444444	54212	1	36,87695296	50,56861111	16,06444444		
4365	Rybné v Podkrkonoší	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,50666667	16,06833333	54233	1	40,70353856	50,50666667	16,06833333		
4378	Rudník	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,59083333	15,73194444	54371 - 54372	1	60,19836575	50,59083333	15,73194444		
4852	Stránský	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,66277778	15,61472222	54252	1	69,05367652	50,66277778	15,61472222		
4946	Suchovo	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,52388889	16,00111111	54232	1	42,2251806	50,52388889	16,00111111		
5005	Svoboda nad Úpou	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,62694444	15,81444444	54224	1	54,53831506	50,62694444	15,81444444		
5080	Spindřelův Mlýn	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,725	15,60527778	54351	1	71,49906910	50,725	15,60527778		
5254	Trutnov	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,56194444	15,90694444	54101	1	48,01760252	50,56194444	15,90694444		
5429	Úpice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,51	16,02222222	54232	1	41,25034502	50,51	16,02222222		
5582	Velké Svatoňovice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,53666667	16,02972222	54234 - 54235	1	39,91132861	50,53666667	16,02972222		
5740	Vlčice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,56166667	15,82555556	54241	1	53,74449915	50,56166667	15,82555556		
6095	Zlata Olešnice	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,63527778	15,94583333	54204	1	45,63324248	50,63527778	15,94583333		
6137	Začát	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,66694444	15,91083333	54201	1	49,04696901	50,66694444	15,91083333		

12 607,0436111 191,2647222 50,58696759 15,93372685 50,52522383 15,81181065

Před minimalizací	Okres	Kraj	Zeměpisná síťka	Zeměpisná délka
	Náchod	Královéhradecký kraj	50,59070716	16,31858065
	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,62247994	15,64725362
Po minimalizaci	Okres	Kraj	Zeměpisná síťka	Zeměpisná délka
	Trutnov	Královéhradecký kraj	50,52522383	15,81181065

Příloha 5 Sloučení okresů Jeseník, Šumperk a Ústí nad Orlicí

Id	Název	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	PSC	Poptávka	Vzdálenost MAX	Vypočtená lokace		Optimalizace umístění				
									xij	yij	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	
108	Bernartice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3888889	17,0808333		79057	1	59,8777281	50,3888889	17,0808333				
141	Bílá Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,44416667	16,9077778		79069	1	62,17497337	50,44416667	16,9077778				
636	Černá Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,31055556	17,15638889		79054	1	55,16881095	50,31055556	17,15638889				
692	Česká Ves	Jeseník	Olomoucký kraj	50,25472222	17,22694444		79081	1	53,97200933	50,25472222	17,22694444				
1469	Hradeč-Nová Ves	Jeseník	Olomoucký kraj	50,283169	17,281224		79083	1	58,95604832	50,283169	17,281224				
1806	Javorník	Jeseník	Olomoucký kraj	50,39222222	17,00416667		79070	1	58,18388904	50,39222222	17,00416667				
2100	Kobylá nad Vidnavkou	Jeseník	Olomoucký kraj	50,342064	17,123645		79056	1	56,7475539	50,342064	17,123645				
2701	Lipová-lázně	Jeseník	Olomoucký kraj	50,22916667	17,1552778	79061 - 79063		1	48,30863288	50,22916667	17,1552778				
3029	Mikulovice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,30444444	17,33444444	79083 - 79084		1	63,35832048	50,30444444	17,33444444				
3668	Ostružná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,18583333	17,05555556		78826	1	39,90462995	50,18583333	17,05555556				
3813	Písečná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,27388889	17,25916667		79082	1	57,10022286	50,27388889	17,25916667				
4566	Skorošice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,30472222	17,07638889		79066	1	51,45679002	50,30472222	17,07638889				
4744	Stará Červená Voda	Jeseník	Olomoucký kraj	50,32638889	17,19916667		79053	1	58,4240811	50,32638889	17,19916667				
4957	Supikovice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,29972222	17,25972222		79051	1	59,10250895	50,29972222	17,25972222				
5359	Uhelná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,36472222	17,02888889		79068	1	55,93287915	50,36472222	17,02888889				
5495	Vápenná	Jeseník	Olomoucký kraj	50,28638889	17,09972222		79064	1	50,63435169	50,28638889	17,09972222				
5551	Velká Kraš	Jeseník	Olomoucký kraj	50,36361111	17,14416667	70958 - 79058		1	59,55108375	50,36361111	17,14416667				
5571	Velké Kunčice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,31722222	17,26861111		79052	1	60,92896438	50,31722222	17,26861111				
5668	Vidnava	Jeseník	Olomoucký kraj	50,3727778	17,18666667		79055	1	62,04746676	50,3727778	17,18666667				
5739	Vlčice	Jeseník	Olomoucký kraj	50,345378	17,046079		79067	1	54,45074344	50,345378	17,046079				
6247	Zulová	Jeseník	Olomoucký kraj	50,30666667	17,10388889	79056 - 79065		1	52,67290019	50,30666667	17,10388889				
342	Branná	Šumperk	Olomoucký kraj	50,15222222	17,01333333		78825	1	46,31731925	50,15222222	17,01333333				
1154	Hamušovice	Šumperk	Olomoucký kraj	50,07972222	16,93361111			1	53,56595805	50,07972222	16,93361111				
1772	Janošov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,01416667	16,84472222		78991	1	61,02373559	50,01416667	16,84472222				
1887	Jindřichov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,10055556	16,99083333		78823	1	51,66106486	50,10055556	16,99083333				
2161	Kopřivná	Šumperk	Olomoucký kraj	50,04944444	16,9477778		78833	1	56,98316949	50,04944444	16,9477778				
2887	Malá Morava	Šumperk	Olomoucký kraj	50,10833333	16,82638889		78833	1	55,22372886	50,10833333	16,82638889				
3812	Písařov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,00722222	16,80111111		78991	1	63,35832048	50,00722222	16,80111111				
4765	Staré Město	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1625	16,9477778		78832	1	44,70962074	50,1625	16,9477778				
5075	Štéglov	Šumperk	Olomoucký kraj	50,15333333	16,98333333		78825	1	45,78146155	50,15333333	16,98333333				
5674	Vikantice	Šumperk	Olomoucký kraj	50,1377778	16,99416667		78825	1	47,61724518	50,1377778	16,99416667				
672	Červená Voda	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,04194444	16,74333333		56161	1	64,22615601	50,04194444	16,74333333				
925	Dolní Morava	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,12472222	16,79916667		56169	1	56,01204662	50,12472222	16,79916667				
2285	Krátký	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,08194444	16,7602778		56169	1	60,7777622	50,08194444	16,7602778				
3608	Orlíčky	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	50,03138889	16,68111111		56155	1	68,56264785	50,03138889	16,68111111				
									35	1757,942	1757,942	50,24716129	17,07360585	50,22171035	17,18243519

Před minimalizací	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
	Jeseník	Olomoucký kraj	50,22177863	17,1824623
	Šumperk	Olomoucký kraj	50,08062497	16,93685958
	Ústí nad Orlicí	Pardubický kraj	49,96600882	16,40498044
Po minimalizaci	Okres	Kraj	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
	Jeseník	Olomoucký kraj	50,52522383	15,81181065

Příloha 6 Sloučení okresů Jindřichův Hradec, Třebíč a Znojmo

Id	Název	Okres	Kraj	Zeměpisná sířka	Zeměpisná délka	PSČ	Poptávka	Vzdálenost MAX	xij	yij	Vypočtená lokace		Optimalizace umístění				
											Zeměpisná sířka	Zeměpisná délka	Zeměpisná sířka	Zeměpisná délka			
777	Dešná	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,95833333	15,54722222	37873 - 37881	1	22,14272796	48,95833333	15,54722222							
3816	Písečné	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,96555556	15,46222222	37872 - 37881	1	26,5558341	48,96555556	15,46222222							
4758	Staré Hobzí	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	49,01277778	15,45333333	37871 - 38001	1	29,93064223	49,01277778	15,45333333							
6249	Zápanovice	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,95722222	15,51083333	37881	1	22,96133494	48,95722222	15,51083333							
35	Bačkovice	Třebíč	Vysočina	48,96861111	15,58916667	67532	1	24,06100875	48,96861111	15,58916667							
2804	Lovčovice	Třebíč	Vysočina	48,98	15,53916667	67531	1	22,86524647	48,98	15,53916667							
2817	Lubnice	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,93972222	15,61555556	67107	1	27,35865678	48,93972222	15,61555556							
5364	Uherčice	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,915	15,63111111	67107	1	29,93064223	48,915	15,63111111							
5818	Vratěnín	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,90388889	15,60111111	67107	1	29,21769036	48,90388889	15,60111111							
											9	440,6011111	139,9497222	48,95567901	15,54996914	48,99649707	15,34908357

Před minimalizací	Okres	Kraj	Zeměpisná sířka	Zeměpisná délka
	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,99649707	15,34908357
	Třebíč	Vysočina	49,24615051	15,76848675
	Znojmo	Jihomoravský kraj	48,84812086	16,07493454

Po minimalizaci	Okres	Kraj	Zeměpisná sířka	Zeměpisná délka
	Jindřichův Hradec	Jihočeský kraj	48,99649707	15,34908357

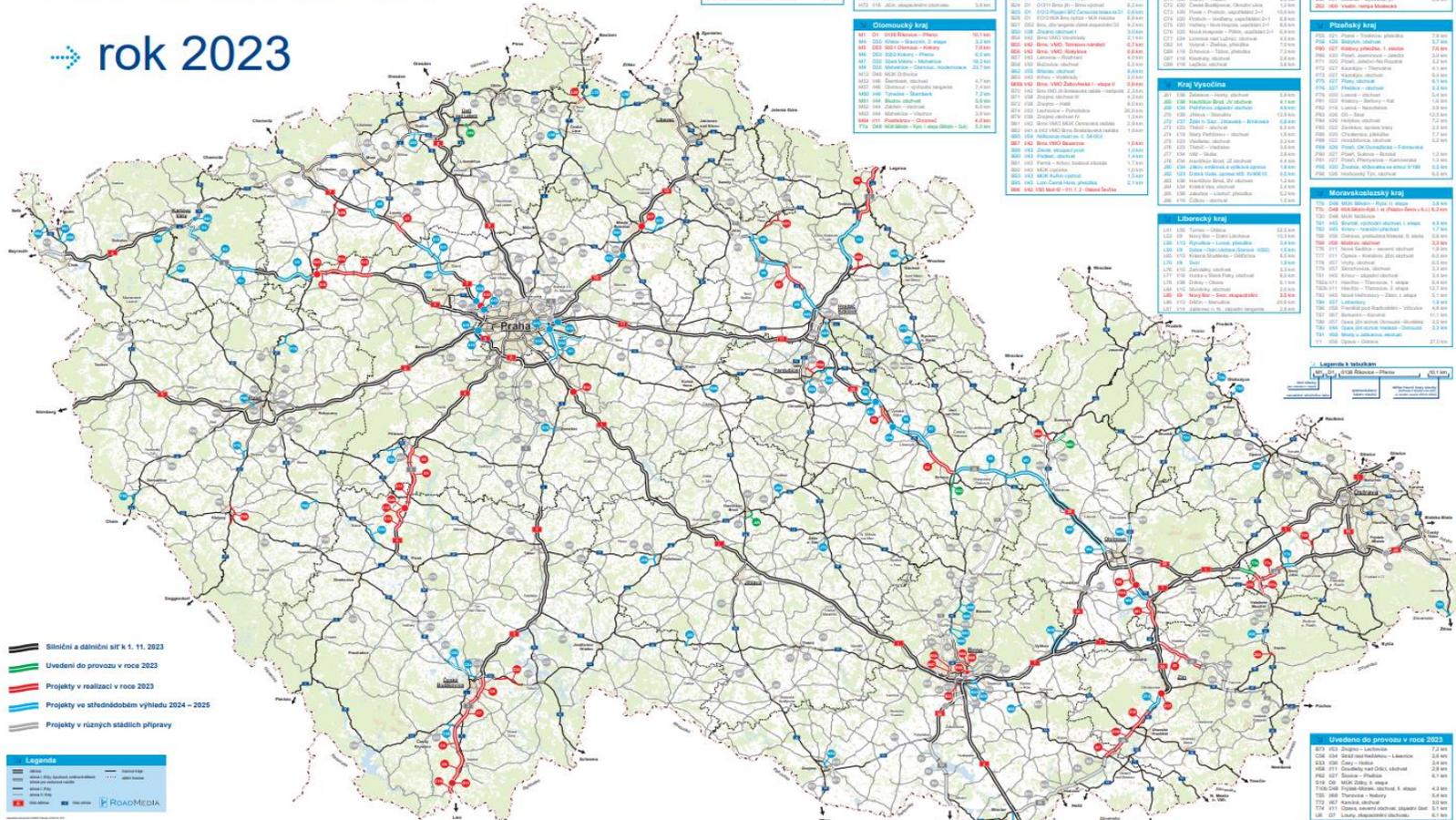
Příloha 7 Plánovaná výstavba v ČR – přehled projektů ŘSD



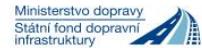
Česká republika

Přehled projektů Ředitelství silnic a dálnic ČR

➔ rok 2023



Region	Projekt	Stavba	Investiční náklady (mil. Kč)
Pardubický kraj	D30 Dvůr Králové - Votava	2,2 km	2,2
	D30 Votava - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D30 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
	D30 Dobruška - Litvínov	10,0 km	10,0
	D30 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D30 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D30 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D30 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D30 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D30 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
Královéhradecký kraj	D40 Hradec Králové - Trutnov	10,0 km	10,0
	D40 Trutnov - Nymburk	10,0 km	10,0
	D40 Nymburk - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D40 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
	D40 Dobruška - Litvínov	10,0 km	10,0
	D40 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D40 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D40 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D40 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D40 Mladá Boleslav - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
Jihomoravský kraj	D50 Brno - Blatná	10,0 km	10,0
	D50 Blatná - Písek	10,0 km	10,0
	D50 Písek - Vodňany	10,0 km	10,0
	D50 Vodňany - Jindřichův Hradec	10,0 km	10,0
	D50 Jindřichův Hradec - Tábor	10,0 km	10,0
	D50 Tábor - Písek	10,0 km	10,0
	D50 Písek - Blatná	10,0 km	10,0
	D50 Blatná - Brno	10,0 km	10,0
	D50 Brno - Blatná	10,0 km	10,0
	D50 Blatná - Brno	10,0 km	10,0
Jihočeský kraj	D60 České Budějovice - Písek	10,0 km	10,0
	D60 Písek - Vodňany	10,0 km	10,0
	D60 Vodňany - Jindřichův Hradec	10,0 km	10,0
	D60 Jindřichův Hradec - Tábor	10,0 km	10,0
	D60 Tábor - Písek	10,0 km	10,0
	D60 Písek - České Budějovice	10,0 km	10,0
	D60 České Budějovice - Písek	10,0 km	10,0
	D60 Písek - České Budějovice	10,0 km	10,0
	D60 České Budějovice - Písek	10,0 km	10,0
	D60 Písek - České Budějovice	10,0 km	10,0
Středočeský kraj	D70 Praha - Brno	10,0 km	10,0
	D70 Brno - Olomouc	10,0 km	10,0
	D70 Olomouc - Zlín	10,0 km	10,0
	D70 Zlín - Vyškov	10,0 km	10,0
	D70 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D70 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
	D70 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D70 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
	D70 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D70 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
Plzeňský kraj	D80 Plzeň - Klatovy	10,0 km	10,0
	D80 Klatovy - Blatná	10,0 km	10,0
	D80 Blatná - Písek	10,0 km	10,0
	D80 Písek - Vodňany	10,0 km	10,0
	D80 Vodňany - Jindřichův Hradec	10,0 km	10,0
	D80 Jindřichův Hradec - Tábor	10,0 km	10,0
	D80 Tábor - Písek	10,0 km	10,0
	D80 Písek - Blatná	10,0 km	10,0
	D80 Blatná - Klatovy	10,0 km	10,0
	D80 Klatovy - Plzeň	10,0 km	10,0
Moravskoslezský kraj	D90 Brno - Olomouc	10,0 km	10,0
	D90 Olomouc - Zlín	10,0 km	10,0
	D90 Zlín - Vyškov	10,0 km	10,0
	D90 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D90 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
	D90 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D90 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
	D90 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
	D90 Brno - Vyškov	10,0 km	10,0
	D90 Vyškov - Brno	10,0 km	10,0
Liberecký kraj	D100 Liberec - Děčín	10,0 km	10,0
	D100 Děčín - Česká Lípa	10,0 km	10,0
	D100 Česká Lípa - Litvínov	10,0 km	10,0
	D100 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D100 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D100 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
	D100 Dobruška - Litvínov	10,0 km	10,0
	D100 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D100 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D100 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
Ústecký kraj	D110 Ústí nad Labem - Teplice	10,0 km	10,0
	D110 Teplice - Chomutov	10,0 km	10,0
	D110 Chomutov - Litvínov	10,0 km	10,0
	D110 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D110 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D110 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
	D110 Dobruška - Litvínov	10,0 km	10,0
	D110 Litvínov - Jambor	10,0 km	10,0
	D110 Jambor - Mladá Boleslav	10,0 km	10,0
	D110 Mladá Boleslav - Dobruška	10,0 km	10,0
Karlovarský kraj	D120 Karlovy Vary - Cheb	10,0 km	10,0
	D120 Cheb - Sokolov	10,0 km	10,0
	D120 Sokolov - Klatovy	10,0 km	10,0
	D120 Klatovy - Blatná	10,0 km	10,0
	D120 Blatná - Písek	10,0 km	10,0
	D120 Písek - Vodňany	10,0 km	10,0
	D120 Vodňany - Jindřichův Hradec	10,0 km	10,0
	D120 Jindřichův Hradec - Tábor	10,0 km	10,0
	D120 Tábor - Písek	10,0 km	10,0
	D120 Písek - Blatná	10,0 km	10,0



Příloha 8 Kilometrovník pro plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou

PSČ	Plzeň 33441	Horažďovice 34101	Zbůch 33022	Dolní Bělá 33152	Mýto v Čechách 33805	Ledce u Plzně 33014	Erpužice 34901	Nýřany 33023	Holýšov 34562	Pernarec 33036	Domažlice 34401	Mírošov 33843	Myslinka 33023	Žihobce 34201	Depo Plzeň 32300
Plzeň	0,00	72,88	9,98	21,86	44,23	16,21	37,97	7,12	23,98	27,88	49,26	41,81	8,29	89,45	5,64
Horažďovice	72,88	0,00	73,44	88,46	79,22	80,27	101,00	73,14	68,49	94,48	64,16	57,98	75,26	16,85	66,06
Zbůch	9,98	73,44	0,00	25,74	45,56	23,24	34,60	6,30	14,09	31,76	39,36	43,13	8,42	90,77	10,34
Dolní Bělá	21,86	88,46	25,74	0,00	48,39	7,68	27,84	22,92	39,78	19,30	65,05	45,97	17,32	98,66	23,69
Mýto v Čechách	44,23	79,22	45,56	48,39	0,00	38,50	74,44	46,59	60,89	54,32	86,17	15,96	48,70	95,34	39,51
Ledce u Plzně	16,21	80,27	23,24	7,68	38,50	0,00	29,50	22,64	37,64	21,61	62,91	36,21	17,04	89,39	15,50
Erpužice	37,97	101,00	34,60	27,84	74,44	29,50	0,00	28,52	35,60	8,78	48,68	71,92	35,35	119,56	39,49
Nýřany	7,12	73,14	6,30	22,92	46,59	22,64	28,52	0,00	20,51	28,93	45,79	44,43	5,59	92,07	12,00
Holýšov	23,98	68,49	14,09	39,78	60,89	37,64	35,60	20,51	0,00	45,80	25,80	57,25	22,46	77,06	24,45
Pernarec	27,88	94,48	31,76	19,30	54,32	21,61	8,78	28,93	45,80	0,00	57,46	51,99	23,34	104,68	29,71
Domažlice	49,26	64,16	39,36	65,05	86,17	62,91	48,68	45,79	25,80	57,46	0,00	82,52	47,73	72,76	49,73
Mírošov	41,81	57,98	43,13	45,97	15,96	36,21	71,92	44,43	57,25	51,99	82,52	0,00	46,30	74,55	37,11
Myslinka	8,29	75,26	8,42	17,32	48,70	17,04	35,35	5,59	22,46	23,34	47,73	46,30	0,00	94,01	13,95
Žihobce	89,45	16,85	90,77	98,66	95,34	89,39	119,56	92,07	77,06	104,68	72,76	74,55	94,01	0,00	82,63
Depo Plzeň	5,64	66,06	10,34	23,69	39,51	15,50	39,49	12,00	24,45	29,71	49,73	37,11	13,95	82,63	0,00
Hmotnost elementů v Kg	1200	2419,92	644,46	5800,87	1230	1030	6062,82	236	1600,02	440	192	169	134	1227,62	
Počet elementů	4	4	1	11	2	2	11	1	4	1	1	1	1	2	

Příloha 9 Kilometrovník pro plán distribuce vytvořený Mayerovou metodou doplněnou o přesakování a nabíjecí stanice

PSČ	Plzeň 33441	Horažďovice 34101	Zbůch 33022	Dolní Bělá 33152	Mýto v Čechách 33805	Ledce u Plzně 33014	Erpužice 34901	Nýřany 33023	Holýšov 34562	Pernarec 33036	Domažlice 34401	Mírošov 33843	Myslinka 33023	Žihobce 34201	Depo Plzeň 32300
Plzeň	0,00	72,88	9,98	21,86	44,23	16,21	37,97	7,12	23,98	27,88	49,26	41,81	8,29	89,45	5,64
Horažďovice	72,88	0,00	73,44	88,46	79,22	80,27	101,00	73,14	68,49	94,48	64,16	57,98	75,26	16,85	66,06
Zbůch	9,98	73,44	0,00	25,74	45,56	23,24	34,60	6,30	14,09	31,76	39,36	43,13	8,42	90,77	10,34
Dolní Bělá	21,86	88,46	25,74	0,00	48,39	7,68	27,84	22,92	39,78	19,30	65,05	45,97	17,32	98,66	23,69
Mýto v Čechách	44,23	79,22	45,56	48,39	0,00	38,50	74,44	46,59	60,89	54,32	86,17	15,96	48,70	95,34	39,51
Ledce u Plzně	16,21	80,27	23,24	7,68	38,50	0,00	29,50	22,64	37,64	21,61	62,91	36,21	17,04	89,39	15,50
Erpužice	37,97	101,00	34,60	27,84	74,44	29,50	0,00	28,52	35,60	8,78	48,68	71,92	35,35	119,56	39,49
Nýřany	7,12	73,14	6,30	22,92	46,59	22,64	28,52	0,00	20,51	28,93	45,79	44,43	5,59	92,07	12,00
Holýšov	23,98	68,49	14,09	39,78	60,89	37,64	35,60	20,51	0,00	45,80	25,80	57,25	22,46	77,06	24,45
Pernarec	27,88	94,48	31,76	19,30	54,32	21,61	8,78	28,93	45,80	0,00	57,46	51,99	23,34	104,68	29,71
Domažlice	49,26	64,16	39,36	65,05	86,17	62,91	48,68	45,79	25,80	57,46	0,00	82,52	47,73	72,76	49,73
Mírošov	41,81	57,98	43,13	45,97	15,96	36,21	71,92	44,43	57,25	51,99	82,52	0,00	46,30	74,55	37,11
Myslinka	8,29	75,26	8,42	17,32	48,70	17,04	35,35	5,59	22,46	23,34	47,73	46,30	0,00	94,01	13,95
Žihobce	89,45	16,85	90,77	98,66	95,34	89,39	119,56	92,07	77,06	104,68	72,76	74,55	94,01	0,00	82,63
Depo Plzeň	5,64	66,06	10,34	23,69	39,51	15,50	39,49	12,00	24,45	29,71	49,73	37,11	13,95	82,63	0,00
Hmotnost elementů v Kg	1200	2419,92	644,46	5800,87	1230	1030	6062,82	236	1600,02	440	192	169	134	1227,62	
Počet elementů	4	4	1	11	2	2	11	1	4	1	1	1	1	2	

Nabíjecí stanice, podle okresů						
Domažlice	Klatovy	Plzeň-jih	Plzeň-město	Plzeň-sever	Rokycany	Tachov
48,79	45,40	21,86	6,09	8,45	31,29	42,55
69,23	37,09	53,72	66,38	77,58	66,26	108,64
39,57	48,50	24,96	10,65	8,59	34,38	39,74
65,22	63,33	30,23	24,12	17,35	35,78	58,33
85,12	65,16	28,63	37,73	48,93	13,64	80,00
62,81	55,15	20,45	15,94	17,07	25,99	58,05
48,86	76,05	52,51	40,82	36,58	61,93	26,75
45,79	48,19	24,65	12,96	5,73	34,08	34,17
25,98	34,00	27,97	24,73	22,59	48,38	41,79
57,64	69,36	36,25	30,15	23,37	41,81	35,53
5,12	31,76	53,24	50,01	47,87	73,66	42,23
82,70	62,73	26,21	35,30	46,51	10,27	77,57
47,90	50,31	26,77	15,08	0,13	36,19	41,01
77,81	45,67	70,29	82,95	94,15	82,83	125,22
49,45	41,35	17,99	2,14	13,62	27,41	44,69