

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Městská logistika v kontextu last-mile doručování

Jiří Vaina

Bakalářská práce
2022

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jiří Vaina**
Osobní číslo: **D19575**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Téma práce: **Městská logistika v kontextu last-mile doručování**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika City Logistiky
2. Analýza současného stavu City Logistiky ve světě
3. Návrh na zlepšení last-mile doručování pomocí vícekritériálního rozhodování

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stefan Jovčič, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **29. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2022**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. dubna 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Městská logistika v kontextu last-mile doručování jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15. 5. 2022

Jiří Vaina v. r.

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Stefanu Jovčicovi, Ph.D., za vstřícný přístup, strávený čas a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá městskou logistikou v kontextu last-mile doručování. Last-mile doručování ve městě je v dnešní době velmi důležitá otázka. Tato práce se zaměřuje na teoretickou charakteristiku city logistiky. V druhé části je provedena analýza současného stavu city logistiky ve světě. Třetí část obsahuje návrh na zlepšení last-mile doručování pomocí vícekritériálního rozhodování.

KLÍČOVÁ SLOVA

City logistika, last-mile doručování, životní prostředí, elektrické vozidlo, dron, mobilní depo, nákladní kolo, autonomní vozidlo

TITLE

City logistics in context of last-mile delivery

ANNOTATION

Bachelor thesis deals with city logistics in context of last-mile delivery. Last-mile delivery in the city is a very important issue nowadays. This thesis focuses on the theoretical characteristics of city logistics. The second part analyses the current state of city logistics in the world. The third part contains a proposal to improve last-mile delivery using multi-criteria decision making.

KEYWORDS

City logistics, last-mile delivery, environment, electric vehicle, drone, mobile depot, cargo bike, autonomous vehicle

OBSAH

ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA CITY LOGISTIKY	10
1.1 Definice city logistiky	10
1.2 Cíle city logistiky	11
1.3 Problémy a rizika v city logistice.....	13
1.4 Vztahy subjektů zapojené do city logistiky.....	14
1.5 Modely city logistiky	15
1.6 Technologie city logistiky	15
1.6.1 Hub and Spoke	16
1.6.2 Gateway	17
1.6.3 Cross-docking	18
1.6.4 Městské distribuční centrum	20
1.7 Dopravní systémy city logistiky.....	21
1.7.1 Park and Ride	21
1.7.2 Bike and Ride.....	22
1.7.3 Kiss and Ride	22
1.8 Životní prostředí a ekologie v city logistice.....	22
1.8.1 Nákladní ekologická vozidla.....	23
1.8.2 Omezení a regulace povolení vjezdu nákladních vozidel	24
1.8.3 Mapa pro řidiče nákladních vozidel	24
1.8.4 Doručování jinými druhy dopravních prostředků	25
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU CITY LOGISTIKY VE SVĚTĚ	27
2.1 Last-mile doručování pomocí dronů	27
2.1.1 UK.....	28
2.1.2 Německo	30
2.1.3 USA.....	31
2.1.4 Nový Zéland.....	33
2.1.5 Afrika	34
2.2 Last-mile doručování pomocí autonomních vozidel	37
2.2.1 USA.....	38
2.2.2 Čína	39
2.3 Last-mile doručování pomocí mobilního depa a nákladních kol	40

2.3.1	Finsko.....	41
2.3.2	Nizozemsko.....	42
2.3.3	Francie.....	44
3	NÁVRH NA ZLEPŠENÍ LAST-MILE DORUČOVÁNÍ POMOCÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ.....	46
3.1	Metoda aditivního poměrového hodnocení (ARAS)	46
3.2	Aplikace metody ARAS na problém výběru elektrického vozidla – ilustrativní příklad.....	48
	ZÁVĚR	52
	POUŽITÁ LITERATURA.....	53
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM ZKRATEK.....	59

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá městskou logistikou v kontextu last-mile doručování. V současné době se logistika ve městě stále více rozrůstá a je potřeba na to více dohlížet. City logistika se zabývá uplatněním logistických principů v rámci logistických služeb, které jsou poskytovány ve městě. Cílem je také zlepšení celkové koordinace logistických operací ve městě. Last-mile doručování je v dnešní době neustále řešené téma, které se zabývá doručováním zásilek k zákazníkovi.

S neustálým rozvojem individuální automobilové dopravy a nákladní dopravy se neustále zvyšuje negativní vliv na životní prostředí. Tím vzniká ve městech čím dál více kongescí, vznik emisí a hluku. Tímto přístupem bude vznikat více dopravních konfliktů, než je v současnosti. Pro kvalitní obsluhu města je dobré zachovat klidné prostředí pro obyvatele města a zamezit zvýšenému pohybu dopravních prostředků po městě.

První část práce se zaměřuje na teoretickou problematiku city logistiky. Na počátku se vysvětluje základní definice city logistiky, hlavní cíle logistiky ve městech nebo případné problémy, které mohou s city logistikou vzniknout. Dále se v této části vyskytují různé technologie a modely, které mohou být ve městě použity. Jsou zde zmíněny subjekty, kdo vše se do city logistiky může zapojit. Případné ekologické možnosti, jak pomoci lepšímu životnímu prostředí.

V druhé části se analyzuje současný stav city logistiky ve světě. Analyzuje se, v jakých městech ve světě se city logistika využívá. Zjišťuje se, jestli jsou ve světě problémy s city logistikou a jak tyto problémy ostatní města řeší. Probíhá zde analýza, jakými možnými dopravními prostředky je možné v ostatních městech ve světě doručovat.

Třetí část obsahuje nějaký návrh na zlepšení last-mile doručování pomocí vícekritériálního rozhodování. Na základě analýzy se vybírá jeden druh dopravního prostředku. Na konkrétním druhu dopravního prostředku je na základě vícekritériálního rozhodnutí pomocí určité metody, jaký typ dopravního prostředku je nejlepší.

Cílem bakalářské práce je na základě teoretické charakteristiky city logistiky zanalyzovat současný stav city logistiky ve světě a navrhnout zlepšení pro last-mile doručování pomocí vícekritériálního rozhodování.

1 CHARAKTERISTIKA CITY LOGISTIKY

Mezi 19. a 20. století došlo k největšímu rozvoji měst. Začal v zemích, které jsou hospodářsky nejrozvinutější na světě. Z těchto měst se postupně šířil do ostatních částí světa. Tento velký rozvoj vznikl důsledkem průmyslových celků přitahujících nové pracovní síly z venkova a okolí. S tím vzniká další rozšíření veřejné dopravy ve městech. Se zavedením více výrobních hal a montážních závodů uvnitř měst poblíž center a souvisejících skladových prostor vzniká čím dál více přepravní náročnost (Pernica, 2001).

V nejbližší budoucnosti bude ve městech doprava růst čím dál rychleji, tím pádem bude vznikat více dopravních konfliktů než v současnosti. V kladném slova smyslu přibude poptávka po dopravních výkonech, ale s tím se právě zhorší životní prostředí a kvalita služeb uvnitř města, což bude populace kritizovat. Určité logistické systémy by měly toto zatížení pro město odstranit nebo alespoň minimalizovat. Jedná se hlavně o řízení dopravních řetězců uvnitř města (Cempírek, Kampf a Široký, 2009).

S narůstajícím rozvojem měst postupně narůstají problémy vznikající v souvislosti s nákladní dopravou. Jeví se větší zájem o logistiku sběrných služeb a o dodávky do městských center. Nákladní vozidla velkým podílem přispívají ke kongescím a zvyšují tím vznik emisí a hluku. Z toho vyplývá, že nákladní doprava negativně ovlivňuje životní prostředí. Má-li mít město úspěšný rozvoj, lepší úroveň životního prostředí a být atraktivní pro podnikatele, návštěvníky, ale hlavně pro obyvatele města, musí se zajistit efektivní logistické systémy, které usnadní celkovou dopravní obslužnost měst (Allen, Thorne a Browne, 2007). S tímto se ztotožňuje i Cempírek et al. (2010) a tvrdí, že nákladní doprava negativně ovlivňuje životní prostředí a city logistická opatření by v tomto ohledu mohla být jedna z mnoha možných řešení. Dále Široký et al. (2018) uvádí, že formy nákladní dopravy jsou také závislé na různém výkonovém spektru a na provozní a dopravní struktuře. Integrace dopravců je dost obtížná, jelikož se přizpůsobují na specifické požadavky zákazníků.

1.1 Definice city logistiky

City logistika se snaží hledat mnoho způsobů, jak lépe vyřešit dopravní obslužnost a vytiženost dopravních prostředků a také snižovat poškození životního prostředí v daném městě. City logistika se zabývá uplatněním logistických principů spojené s firmami, které poskytují logistické služby s cílem zlepšení synchronizací a celkové koordinace těchto principů spolu s orgány města. City logistika se nezaměřuje jen na logistiku spojenou s podnikatelskými subjekty, ale zabývá se i potřeby města a svá řešení dává do celkového

rozvoje města, s čím pak souvisí lepší obslužnost nákladní i osobní dopravy (Pernica, 2001). S tímto se ztotožňuje i Novák et al. (2005) a respektuje i problémy životního prostředí ve městě s bezpečím provozu a potřebu hospodárnosti města. Řešení je pak možno vidět v kompletaci více zásilek od různých dodavatelů do jedné větší zásilky pro jednoho zákazníka přepravena jedním vozidlem.

City logistiku lze podle Willeke: *Wirtschaftsverkehr und City Logistika*, 1992, s. 11 definovat například takto: „*City logistikou rozumíme veškerou dopravu zahrnující toky zboží a pohyby osob uvnitř města, kterými zajišťujeme provoz živností, služeb a podnikatelských míst. Do této dopravy zahrnujeme i podnikatelskou (služební) osobní dopravu, Ve většině případů se zabýváme pouze nákladní dopravou. Oficiální statistiky detailně uvádí výkony v dopravě, ale tuto podnikatelskou (služební) osobní dopravu zahrnují do skupiny jako ostatní resp. zbytkovou dopravu. City logistika je definována jako oprávněné stanovení požadavků v městské dopravě při zohlednění ekologických požadavků a rámcových ekonomických podmínek*“ (Cempírek, Kampf a Široký, 2009, s. 110).

Dle Voženílka, Strakoše et al. (2009, s. 5) se city logistika může charakterizovat jako „*proces optimalizace logistických a dopravních procesů na území města za účasti soukromých společností a podpory informačních systémů. V logistice je doprava nositelem hmotného toku. City logistika zahrnuje přepravu zboží a materiálů, provozování vnitřního systému dopravy, obsluhu skladů a obchodní sítě, dopravní obsluhu malých a středních podniků a osobní dopravu.*“

Ledvinová (2008, s. 196) také uvádí, že pojmem city logistika se rozumí „*aplikace principů logistiky na pohybu zásilek v podmínkách velkých měst. Prostřednictvím překládky a sdružování zásilek k rozvozu/svozu, volby nejvhodnějších typů vozidel a optimalizace jízd se snižuje potřebný počet vozidel, zvyšuje se jejich využití, z hospodárňuje provoz a snižují se dopady na životní prostředí.*“

City logistiku ovlivňuje i outsourcing podnikové dopravy, který vzniká při přepravě mezi podnikem a skladem vlastními dopravními prostředky nebo prostředky od externího dopravce. Tato doprava je optimalizována a dopravní prostředky jsou vytíženy i při zpáteční jízdě, takže se využívá všechen potenciál dopravních prostředků na úkor životního prostředí (Cempírek, Kampf a Široký, 2009).

1.2 Cíle city logistiky

City logistika se snaží a zároveň jejím cílem je to, aby bylo co nejvíce přepravních požadavků spojeno do jednoho řízeného systému toků. Příjemce zboží jen málokdy zajímají

problémy dopravců spojené s doručením zboží. Pro zákazníka je důležité, aby jeho zboží bylo dodáno v požadovaném čase, nerozbité a ve správném množství a kvalitě. Pokud budou obslouženy vícekrát za den a budou muset přerušit jejich podnikatelskou činnost, projeví se to negativně na hodnocení dopravce. V konkurenci o zákazníka hraje důležitou roli právě dopravní situace spojená s možností parkování, dosažitelnosti obchodu apod. Pro maloobchody je uvnitř města hlavní nevýhodou organizace, které jsou umístěny lépe na okraji měst s lepší přístupností (Cempírek, Kampf a Široký, 2009; Cempírek et al., 2010).

Pro kvalitní logistické úpravy dopravní obslužnosti města je potřeba zajistit přiměřené dopravní kapacity, ale i zachování klidného prostředí pro obyvatele města. Usnadňující pohyb obyvatel po městě zajišťuje mnoho způsobů, nad kterými je třeba se při úpravách zamyslet. Mezi tyto způsoby patří například rozsáhlé pěší zóny, které nesmějí ohrozit nezbytnou dopravu po městě a zároveň umožnit bezpečný pohyb chodců; nadzemní garáže spojené s pěší zónou; zřízení úschoven pro snadnou manipulaci při zakoupení zboží; časové vymezení zásobování a řešení obsluhy více obchodů jedním vozidlem; vytvoření odpočinkových zón a relaxačními službami; zavedení vnějšího obchvatu měst; dostatečně udržovaná síť cyklostezek; do budoucna zavedení automatizované dopravy s velkou hustotou jízdy (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Musí být zohledněn optimální plán tras, kterým trpí hospodárnost dopravců při přepravě kusových zásilek. Obsahují rozdílně těžké zásilky a přepravní náklady, které jsou hrazeny podle hmotnosti zásilky, ale nikoliv podle dalších výdajů a kritérií. Pro speditéry je velmi důležitá optimalizace, která obsahuje redukci čekacích dob, snížení počtu prázdných jízd, vyšší vytižení a hustota jízd. U balíkové služby je důležité více zásilek pro příjemce, protože jsou zde časové výhody a nízké náklady na balík. Časová okna pro zásobování jsou pevně stanovena pro potřebný volný prostor (Široký et al., 2018).

Nesmíme zapomenout i na návrhy prvků při úpravách dopravního systému města. Je třeba sledovat vyváženosti zastoupených druhů dopravy, funkčním nárokům a dalším charakteristikám. Navrhování nové pozemní komunikace ve městě je nejvíce ovlivňováno zejména využitím ploch, polohy a funkce v dopravní síti, zatížení nebo také historické hledisko. Navrhovaná řešení pak musí splňovat jednotlivá kritéria:

- maximální bezpečnost a vhodné podmínky pro pohyb,
- odpovídající vazba na aktivity v okolí,
- šetrnost k životnímu prostředí,
- estetická úroveň (Ledvinová, 2008).

1.3 Problémy a rizika v city logistice

Na city logistiku je přihlížena neustále větší pozornost kvůli zvýšeným nežádoucím vlivům, ke kterým patří zejména dopravní přetížení a degenerace funkční náplně center měst. Dopravní přetížení způsobuje kolize mezi osobní a nákladní dopravou a jejich styk s pěším a cyklistickým provozem. Ve velké míře zatěžuje životní prostředí a poškozují kulturní památky. Tuto zátěž způsobují úzké komunikace v ulicích, nedostatečná stabilizace staveb a dalších regulačních zatížení provozu v podobě zřizování pěších zón, vyhrazování pruhů, zákazy vjezdu nákladních automobilů a další. Hlavním důvodem degenerace funkční náplně center měst je vysoký nárůst cen pozemků a nájemného v centrech. Tím trpí především malé podniky s nedostatečnou kapitálovou vybaveností. Místo malých podniků se do center stěhují velké bohaté podniky jako jsou například banky, herny a administrativní zastoupení velkých podniků (Cempírek, Kampf a Široký, 2009; Cempírek et al., 2010).

Široký et al. (2018) říká, že problémy jsou především časové ztráty při dodávkách uvnitř města, které jsou způsobeny čekáním na obsluhu u ramp a omezením dopravy. Další překážkou jsou také časové lhůty pěších zónách, protože obchody otevírají až v pozdních dopoledních hodinách. Tím je způsobený omezený časový prostor pro dodávky a často tak dochází k tomu, že přepravní objemy musí být dopraveny více vozidly.

Podle Pernicy (2001) a Nováka et al. (2005) pak s praktickou zkušeností a implementací jednotlivých principů city logistiky vzniká i mnoho problémů:

- Negativní přístup od koncových článků, maloobchodů, které by naopak měli jevit hlavní zájem o tyto principy zlepšení,
- Pasivita maloobchodu v přepravě zásilek „až do domu“ spojené s vyššími náklady a nároky na plochy, počet zaměstnanců a manipulační prostředky,
- Obtížné nalezení poskytovatele logistických služeb, který bude pro všechny strany neutrální a převezme kompletaci a rozvoz zásilek,
- Nemožnost optimalizace rozvozních tras z důvodu špatně rozmístěných účastníků ve městě,
- K rozvozu nelze použít větších nákladních vozidel kvůli zákazům vjezdů do center i do jiných míst ve městech, při použití menších vozidel je pak efekt hospodárnosti a oblast životního prostředí nevyužit,
- Obtížné převzetí zásilek mimo provozní dobu prodejen, z čehož vyplývá že v období mimo zácpy zaniká možnost rozvážení zboží,

- Špatné podmínky pro rychlou a efektivní manipulaci zboží při vykládce a nakládce v úzkých ulicích s plně zaparkovanými vozidly, tyto příjemci jsou vybaveni jen pro ruční manipulaci.

Mezi další rizika spojená s životem obyvatel ve městě patří také delší doba nákupu a prodlužující se perioda mezi jednotlivými nákupními zónami, snaha mít dům na okraji města a dopravovat se vlastním vozidlem a s tím spojená neochota pěší přepravy po městě, touha mladých lidí trávit volný čas v místech vysoké koncentrace dopravy namísto v přírodě nebo nebezpečí hazardu, drog a násilí (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Dle Cempírka a Císařové (2013) při řešení problému poslední míle doručení (last mile delivery) je možná realizace k zákazníkovi domů, k zákazníkovi do zaměstnání, do odběrného místa nebo do dodávkového boxu. Podle reálných odhadů nákladní doprava v Evropě tvoří 80 % přepravy na poslední míli, takže není možné ji zcela utlumit, ale snaha tuto přepravu správně přesměrovat a plně využít kapacity vozidel podle připravených konceptů v konkrétní městské oblasti. Ovšem některé skupiny zboží nelze spojovat, protože se jedná o zvláštní podmínky při přepravě jako je mražené, chlazené nebo nebezpečné zboží. Pro zvládnutí této problematiky patří městské distribuční centrum, optimalizace trasy zásobování nebo případné regulace vjezdu a noční jízdy nákladních vozidel. Aifandopoulou a Xenou (2019) přispívají k této problematice názorem, že pro optimalizaci poslední míle by se měli používat zejména inteligentních dopravních systémů, které mají za cíl kompletní digitalizaci městské nákladní dopravy. Jedním z opatření pro poslední míli by měly být dodávky přepravovány drony. Mezi zásadní problémy posledního doručení dle Olssona, Hellströma a Pålssona (2019) patří emise skleníkových plynů, znečištění ovzduší, hluk a přetížení z dopravy. Rupprecht et al. (2019) doplňují nákladní kola jako jedno opatření pro poslední míli doručení zboží.

1.4 Vztahy subjektů zapojené do city logistiky

Mezi zainteresované strany, které patří do city logistiky a hrají důležitou aktivní i pasivní roli, řadíme zejména vedení obcí včetně jednotlivých odborů a radních například z oblasti dopravy, ekologie, financí a rozvoje města. Mezi další důležité strany patří svazy a zástupce maloobchodníků, obchodních řetězců, výrobních firem a také svazy a zástupce logistických poskytovatelů, dopravců a kurýrních, expresních a balíkových služeb. Dalšími, kteří se podílí na důležité roli pro city logistiku je obchodní komora, významná zájmová sdružení, zástupce občanů a provozovatelé meziměstské nebo příměstské osobní dopravy a zástupce městské hromadné dopravy (Šebesta et al., 2019).

Dle Pernicy (2001), Cempírka, Kampfa a Širokého (2009) mohou být vztahy mezi účastníky, které jsou zapojeny do systémů city logistiky, na úrovni:

- Obchodního vztahu, kde vzniká smlouva o spolupráci v kooperaci zásilek a nimi spojenými logistickými službami,
- poolu, kde dva samostatné subjekty využívají kapacit jednoho ze subjektu, který vykonává příslušnou dílčí funkci,
- charteru, kdy partneři přenesou celou dílčí funkci na třetí stranu, tedy poskytovatele logistických služeb, kterého si najmou a ten jedná mezi partnery neutrálně,
- členské organizace, která je orgánem veřejného práva a umožňuje organizovat smíšené hospodářské činnosti a vytvářejí se v městské hromadné dopravě, v zásobování vodou, v odstranění komunálních odpadů a další.

1.5 Modely city logistiky

V city logistice existují dopravní modely, které slouží jako užitečné nástroje pro řízení, organizaci a regulaci dopravy. Díky modelům se rozhoduje o financování budoucích investic do dopravní infrastruktury. Modely vznikají pro kraje, města, oblastí i samotných křižovatek, které se používají pro změny v dopravní infrastruktuře při uvedení nových úseků silnic a dálnic nebo při uzavírání určitých úseků silnic ve stávající síti (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Cempírek et al. (2010) definují základní modely pro dopravní obsluhu v city logistice v závislosti na požadavky času, kvality a množství zboží:

- přímé zásobování,
- distribuce pomocí firemního nebo velkoobchodního skladu,
- distribuce umožněná tranzitním terminálem,
- distribuce prostřednictvím tranzitního terminálu ve spojení se systémem přihrádkových zásobníků tzv. sejfů umístěných v centru města,
- distribuce zprostředkovaná tranzitním terminálem a zřízením prodejního místa vedle terminálu.

1.6 Technologie city logistiky

Dopravní obsluha města a území nákladní dopravou je součástí logistické technologie a systému. Logistické systémy se snaží o optimalizaci jednotlivých činností s co nejnižšími náklady za pomoci vhodných metod. Těmto optimalizovaným operacím a úkonům pomocí systémech metod se nazývá logistická technologie (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Technologie city logistiky spočívá v organizaci toků zboží z dálkové i místní dopravy do města. Může procházet přes jednu nebo více vstupních bran (gateways) nebo distribuční centra, kde se sdružují jednotlivé zásilky a zajistí se jejich další tok. Pro tuto synchronizaci a sloučení zboží je potřebná plocha okolo 100 hektarů, která však musí být blízko městu, jinak by docházelo k tomu, že by výkony v rozvozu přesahovaly výkony jednotlivým příjemcům zboží (Pernica, 2001; Cempírek, Kampf a Široký, 2009).

1.6.1 Hub and Spoke

Technologie Hub and Spoke patří do oblasti technologií poskytovatelů logistických služeb, což znamená, že patří do skupiny poskytovatelů, které mají činnost v přepravní nebo zásilatelské oblasti. Hub and Spoke se zakládá na shromáždění menších zásilek do větších celků a následně jsou přepraveny do určeného místa, kde jsou zase rozděleny (viz obrázek 1). Shromáždění a rozdělení zásilek probíhá v logistických centrech, dopravních uzlech či terminálech poskytovatelů logistických služeb. K sjednocení zásilek se využívají hlavně velké kontejnery, letecké kontejnery, výměnné nástavby nebo palety. Je to výhodné pro dopravce, jelikož je pro ně méně nákladná dálková přeprava velkým dopravním prostředkem než jednotlivá přeprava kusových zásilek několika menšími dopravními prostředky. Též je výhodná z hlediska lepší průjezdnosti na pozemních komunikacích a přepravci také využívají množstevní slevy (Cempírek, Kampf a Široký, 2009).

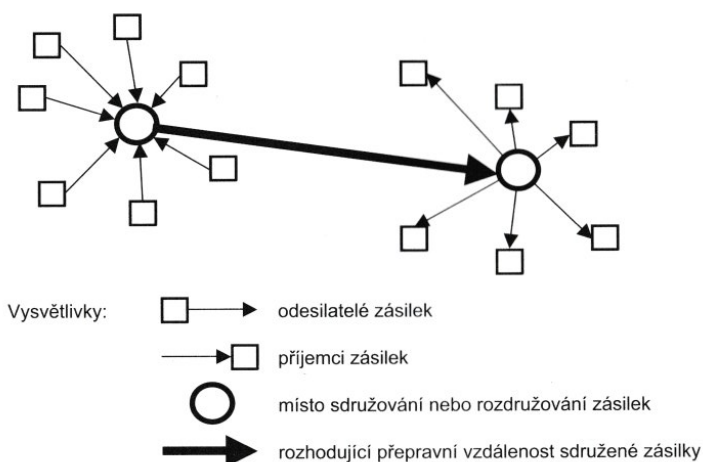
Hub and Spoke v porovnání s technologií Just in Time je lepší s ohledem na častější a zároveň menší dodávky zboží ekologičtějším a levnějším způsobem, i když náklady na dálkovou přepravu jsou mnohem nižší, než rozvoz na krátké vzdálenosti. Při dobré organizaci i po krátkodobém skladování části zboží v logistických centrech je možné odběratele zásobovat pravidelně menšími dodávkami jako pomocí technologie Just in Time (Sixta a Mačát, 2005).

Sixta a Mačát (2005) také poukazují na hlavní výhody technologie Hub and Spoke, které jsou:

- Nižší náklady na dopravu,
- Odlehčení dopravních komunikací,
- Ekologická šetrnost ve srovnání s technologií Just in Time.

Dále tito autoři uvádějí i nevýhody, které jsou s touto technologií spojeny. Mezi nevýhody Hub and Spoke patří:

- Investiční náročnost,
- Použitelnost pouze na delší přepravní vzdálenost.

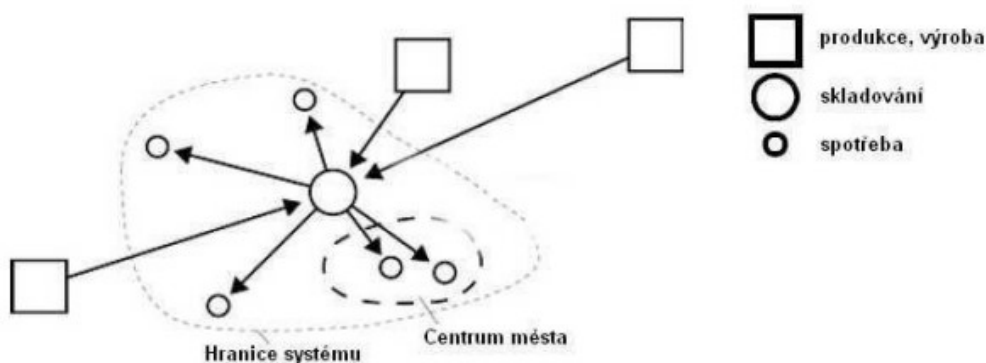


Obrázek 1 Princip technologie Hub and Spoke (Sixta a Mačát, 2005)

1.6.2 Gateway

Technologie Gateway (viz obrázek 2) je v city logistice přínosná k obsluze velkých měst. Při přepravě do významných míst center měst jsou postaveny vstupní brány (Gateway), které slouží jako logistická centra. V těchto branách probíhá sdružování a rozdělování zásilek, manipulace se zásilkami, přepravní balení a svoz a rozvoz zásilek. Určitá úprava technologie Gateway se využívá, když centrum města je dost rozsáhlé, dopravní omezení pro vozidla jsou v určitých území města jiné nebo když je zásilka určena pro více zákazníků, kteří každý sídlí na druhém konci města (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Dále také spolu se vstupní bránou a tranzitním terminálem vzniká dvoustupňové rozdělování toků. U vstupní brány probíhá kompletace zásilek, ale rozvážena je jen část, která leží blízko příjemci od vstupní brány. Zásilky, které jsou vzdálenější od vstupní brány, jsou přepraveny do tranzitního terminálu uvnitř města a až následně jsou rozvážena cílovým příjemcům. Toto rozdělování pomocí tranzitního terminálu jako druhého stupně se ale bohužel značně prodražuje (Široký et al., 2018).



Obrázek 2 Schéma technologie Gateway (Antoš et al., 2019)

1.6.3 Cross-docking

Cross-docking je distribuční systém, kde zboží, které je dodáváno do distribučního centra, není určeno k zaskladnění, ale je plynule zkompletováno v požadovaném množství a složení do jednotlivých maloobchodních jednotek. Založen na přesné synchronizaci všech předchozích i následujících dodávek směřující do distribučního centra a následně ke spotřebitelům. Hlavním přínosem je redukce skladových zásob a prostor v distribučních centrech. Další charakteristikou je zvyšování kvality zboží v místě spotřeby, jelikož díky cross-dockingu se zkracují dodací lhůty zásilek, tudíž zboží může být rychleji doplňováno a nevznikají zbytečně neprodejné zbytky, kvůli překročení trvanlivosti zboží (Cempírek, Kampf a Široký, 2009).

Dále tito autoři uvádějí další činnosti, které cross-docking umožňuje:

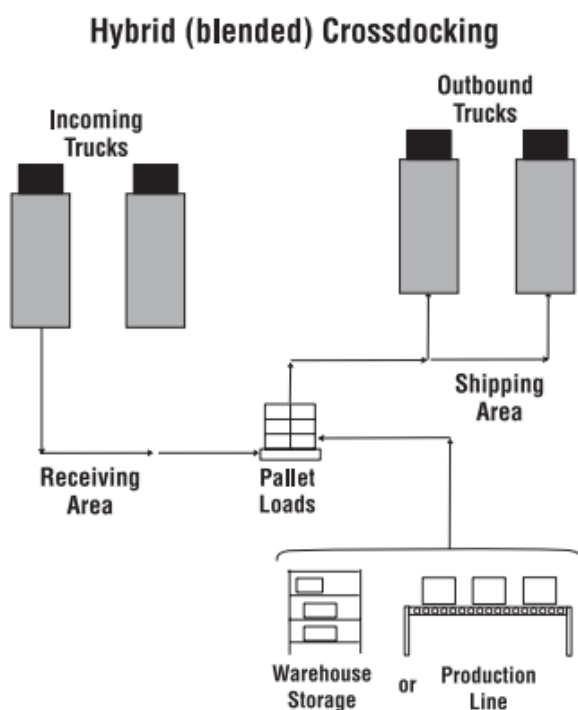
- sjednocovat zboží od různých dodavatelů do jednotné expedované zásilky,
- provádět drobné úpravy před dodáním zboží,
- zboží krátkodobě skladovat,
- sledovat zboží v průběhu celé manipulace a dopravy,
- optimalizovat termíny dodávek,
- optimalizovat logistické náklady.

Existuje mnoho druhů, jak členit cross-docking. Základní typy cross-dockingu charakterizoval také Kulwiec (2004), a to následovně:

- provoz s paletovým nákladem: Tato nejjednodušší a obvykle nejméně nákladný typ zahrnuje příjem nákladu, který je označen a rozdělen do odchozích objednávek. Palety jsou jednoduše tříděny a přeměrovány do odchozích nákladních vozidel s různými cíli. Klasickým příkladem je terminál pro nákladní automobily, kde se palety nikdy nezdrží v distribučním centru, ale jen se přes něj přemístí z jednoho nákladního vozidla do druhého,
- složení podle pořadí zboží: V této verzi zboží dorazí do distribučního centra seřazené a označené. Zboží však musí být rozděleno podle objednávky zákazníka, což obecně vyžaduje, aby byly dodávky roztříděny. Zboží pak může být znovu paletizováno a nové palety dodány do příslušných odchozích vozidel,
- hybridní cross-docking: V některých případech je zboží ve skladu smícháno s příchozím zbožím a tyto nově zkompletované objednávky jsou pak směřovány do odchozích nákladních vozidel. Stejně tak může být část příchozího zboží odeslána do

dočasného uskladnění ve skladu namísto toho, aby bylo všechno zboží cross-dockováno (viz obrázek 3),

- oportunistický cross-docking: "Horké" zboží, což jsou zásilky s pozdním doručením na objednávku, jsou často cross-dockovány přednostně, protože je nutné, aby byly dodány včas. Takové zboží může být cross-dockováno přímo při příjmu nebo kombinováno se zbožím ze skladu. Tato operace může být zásadní pro zlepšení služeb zákazníkům,
- konsolidace nákladních automobilů/železnice: zboží může někdy přicházet jak nákladními vozidly, tak po železnici a je třeba je konsolidovat, aby bylo možné dokončit objednávky zákazníků. Zde je zboží kombinováno a tříděno pro přepravu do 24 až 48 hodin. Související taktikou je spediční služba pool-car. Zde je zboží vyzvednuto nákladním automobilem a převezeno do železničního vagónu v místě odeslání. V místě určení se pak zboží vyloží a přeloží zpět do nákladních automobilů ke konečnému dodání,
- krátkodobé skladování: Propagační nebo sezónní zboží nebo nevhodné, objemné předměty mohou být dočasně skladovány mimo areál nebo v přívěsu až do okamžiku těsně před odesláním, kdy jsou přesunuty do oblasti cross-dockingu. Tento přístup funguje dobře pro sklad s omezeným prostorem nebo tam, kde může být manipulace se skladem velmi zdlouhavá a časově náročná.



Obrázek 3 Schéma hybridního cross-dockingu (Kulwiec, 2004)

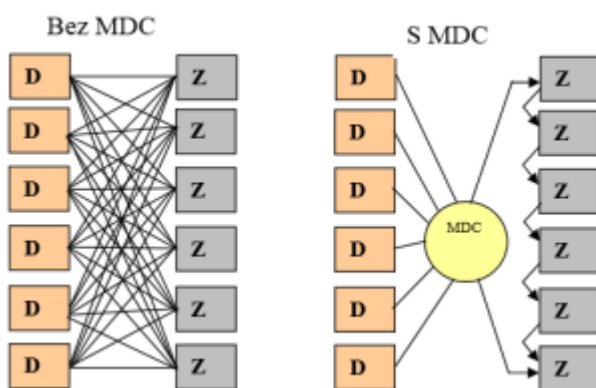
1.6.4 Městské distribuční centrum

Městské distribuční centrum je logistické zařízení, které je umístěno blízko obsluhované části města. Je to zejména centrum, kam logistické a přepravní služby doručují určené zboží z distribučního centra, kde probíhá konsolidace zásilek a jsou zde nabízeny další logistické služby. Mezi výhody distribučního centra patří:

- umožní dodavatelům doručit zboží, které je určeno doručit do specializovaného centra, odkud se zajistí konečná dodávka jednotlivým odběratelům (viz obrázek 4),
- zvyšuje využitost vozidel a spolehlivost zásilek,
- provozovatel distribučního centra může poskytnout realizaci zásilek ekologicky příznivými vozidly i v době, kdy je dopravní obsluha měst zcela zakázaná (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Pernica (2005) uvádí, že distribuční centra jsou pro paletizované nebo nepaletizované kusové zásilky s vozíkovou technologií nebo s různými dopravníkovými technologiemi. Dále sděluje tyto funkce distribučního centra:

- rozdělovací – rozdělení velkých zásilek na menší dodávky pro jednotlivé trhy či skupiny odběratelů,
- kompletační – přeměna sortimentu dodávaný dodavateli na sortiment požadovaný odběrateli,
- konsolidační – sdružení menších dodávek do větších zásilek,
- vyrovnávací – množstevně a časově.



Obrázek 4 Pohyby nákladních vozidel s a bez městského distribučního centra (Antoš et al., 2019)

1.7 Dopravní systémy city logistiky

Při řešení dopravní obsluhy v centrech velkých měst u osobní dopravy se začalo realizovat převádění individuální dopravy na systémy principu Park and Ride a vytváření integrovaných systémů pro regulaci dopravy a celkové zklidnění dopravní zátěže (Novák et al., 2005).

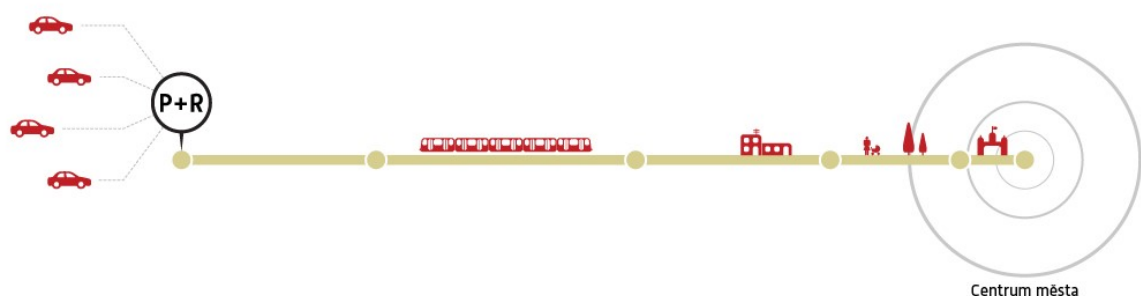
1.7.1 Park and Ride

Park and Ride je systém, který umožňuje současným uživatelům soukromé dopravy zajet na velké parkoviště, kde mohou zaparkovat své vozidlo a využít určitou formu veřejné integrované dopravy. Ve většině případů k tomu dochází mimo centrum města a je navrženo tak, aby zmírnilo dopravní zácpy na komunikacích vedoucích do centra. Ve většině případů uživatel buď zaplatí za veřejnou dopravu a může zaparkovat své auto zdarma, nebo zaplatí za parkování svého auta a cestuje ve veřejné dopravě zdarma. Veřejná doprava provozuje také vysokou frekvenci během dne, zejména v obdobích ranní a odpolední špičky (Institute for transport studies, 2001).

Systém Park and Ride v Praze spočívá v záchytném parkovišti typu „zaparkuj a jeď hromadnou dopravou“ (viz obrázek 5). Záchytná parkoviště jsou umístěna v blízkosti stanic metra nebo železničního nádraží. Parkoviště jsou s bezobslužným provozem a mohou být buď hlídaná, tudíž i zpoplatněná nebo nehlídaná, která jsou zdarma. Mimo území Prahy jsou u většiny železničních nádraží k dispozici parkovací místa, ale jen některá jsou oficiálně označena jako Park and Ride (Pražská integrovaná doprava, 2022).

Institute for transport studies (2001) také uvádí hlavní důvody pro zavedení systému Park and Ride:

- snížit dopravní zácpy podél silnic vedoucích do centra města,
- snížit dopravní zácpy v centru města,
- snížit dopad na životní prostředí podél silnic vedoucích do centra města a uvnitř něj.



Obrázek 5 Schéma systému Park and Ride (Pražská integrovaná doprava, 2022)

1.7.2 Bike and Ride

System Bike and Ride funguje obdobným způsobem jako Park and Ride určený pro automobily. Bike and Ride funguje na principu záchytných parkovišť typu „přijed' na kole a jed'.“ V současné době v Praze fungují dva systémy úschovy jízdních kol. Úschova jízdních kol probíhá v rámci parkovišť systému Park and Ride a v úschovných Českých drah na nádražích. (Magistrát hlavního města Prahy, 2010; Pražská integrovaná doprava, 2022).

Bike and Ride na území Prahy jsou součástí většiny parkovišť určené pro Park and Ride. System je v provozu od 4:00 do cca 1:00, což je doba podle provozu metra a vlaků. Uzamčení kola je možné i zámek, který je zpoplatněn a je možno si ho vypůjčit u obsluhy parkoviště. Klíč od vypůjčeného zámku se uschová u obsluhy parkoviště a cyklista obdrží kontrolní kartu. Po návratu zpět cyklista vymění kontrolní kartu za klíč k zámku. Samotná úschova jízdního kola je zdarma. (Pražská integrovaná doprava, 2022).

V úschovných Českých drah, kde jsou provozovány úschovny zavazadel na nádražích, je zde i možná úschova jízdních kol v závislosti na místních podmínkách. Cena úschovy se pohybuje od 10 Kč na den. Další slevy je možné využít třeba při předplatném na týden (Magistrát hlavního města Prahy, 2010).

1.7.3 Kiss and Ride

System Kiss and Ride je pak rozšíření systému Park and Ride při kterém je cestovatel vysazen na místě rodinným příslušníkem nebo přítelem. Kiss and Ride snižuje potřebu parkování aut, ale může způsobit značný provoz navíc, pokud jsou na jednu zpáteční cestu provedeny čtyři jízdy autem (Institute for transport studies, 2001).

Pražská integrovaná doprava (2022) popisuje Kiss and Ride jako místo pro krátkodobé zastavení typu „polib a jed'.“ Tyto místa jsou umístěna u stanic metra a železnice a jsou určena pro vystoupení osob přepravených řidičem osobního automobilu k prostředku ve veřejné dopravě. Místa lze využít i v opačném směru.

1.8 Životní prostředí a ekologie v city logistice

Mnoho větších měst se potýká s problémy způsobující znečišťování ovzduší a hluk způsobený silniční dopravou. K znečištění ovzduší dochází zejména vlivem nedokonalého spalování v motoru. Pokud by byl spalovací motor dokonalý, tak by se všechno palivo spálilo. Ten bohužel není, a tak dochází k uvolňování nespáleného a částečně spáleného paliva v podobě uhlovodíků a oxidu uhelnatého, které jsou uvolňovány do ovzduší. Znečištěné ovzduší tak přispívá k různým zdravotním problémům, jako jsou respirační a kardiovaskulární choroby, astma, zhoršující funkce plic či předčasná úmrtí. Hluk společně s vibracemi je

nedílnou součástí města a negativním vývojem pro obyvatele města. Zvyšování hladiny hluchnosti s vibracemi postupem času narůstá. Hluk z výroby se váže především na pracoviště, který jen výjimečně obtěžuje okolí města, protože má omezený dosah. Naopak hluk ze silniční dopravy zasahuje po celém území města. Tudíž hluk z dopravy s sebou nese čím dál více problémů, které nutí představitele měst do provozu propagovat a zavádět ekologická vozidla (Voženílek, Strakoš et al., 2009; Růžička, 1993).

Další položkou životního prostředí je voda. Odběr vody by měl odpovídat požadavkům na užívání vod, ale také na dobré ekologické limity a stav vodních útvarů, aby nedocházelo k častému plýtvání vody a poškozování vodních zdrojů a ekosystémů. Doprava v tomto směru ohrožuje kvalitu vody při splachů pohonných hmot při skladování a v provozu například při nehodách (Schmeidler, Jedlička a Ličbinský, 2011).

Patrik (1993) uvádí, že základním cílem v oblasti životního prostředí je zajistit zdraví obyvatelstva a ochranu přírody. Dále uvádí tyto priority životního prostředí:

- ochrana životního prostředí při realizaci investic,
- zavádění nových druhů dopravních prostředků,
- podpora nemotorizované a kombinované dopravy,
- podpora integrovaných přepravních systémů,
- zavedení systémů regulace dopravy pomocí informačních systémů a další.

1.8.1 Nákladní ekologická vozidla

Jak už v předchozí části bylo zmíněno, hluk a znečišťování ovzduší vede města k podpoře ekologických vozidel, a to zejména v nákladní silniční dopravě. Veřejná správa se proto snaží vyhrazovat více finančních zdrojů na podporu tohoto inovativního řešení pro nákladní dopravu a logistické technologie. Typy těchto ekologických nákladních vozidel se zejména dělí na vozidla elektrická, hybridní a vozidla na alternativní paliva (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Využití alternativních paliv je jednou z možností, jak snížit dopady dopravy na životní prostředí. Určitě lze říct, že alternativní paliva jsou šetrnější k životnímu prostředí než konvenční fosilní paliva. Mezi tato alternativní paliva patří zejména LPG, lépe známe jako propan butan, CNG (stlačený zemní plyn), vodík a biopaliva, mezi která se řadí bioethanol, rostlinné oleje a bionafta (Antoš et al., 2019). Elektrická a hybridní vozidla jsou především přínosná ke snížení emisí hluku a neprodukují žádné zplodiny (Allen, Thorne a Browne, 2007).

Existují hlavní důvody, které definovali Allen, Thorne a Browne (2007), proč ekologická vozidla nenašla zatím širší využití:

- vyšší provozní náklady ekologických vozidel,
- příliš malá kapacita nebo objem elektromobilů,
- nedostatečná infrastruktura plnicích či dobíjecích stanic,
- problémy vznikající se spolehlivostí a závady v důsledku vysokých požadavků na údržbu vozidel.

1.8.2 Omezení a regulace povolení vjezdu nákladních vozidel

Vjezd nákladních vozidel do určitých částí města může být omezen pro určité typy vozidel, jen v určitých časových intervalech nebo na základě vydané licence. Většinou se uplatňuje omezení hmotnostní, které se týká celkové hmotnosti vozidla. Ovšem v center měst se často vyskytují rozměrové omezení, které závisí na šířce vozidla, protože úzké uličky často nedovolí průjezd širších vozidel. Některá omezení se mohou vztahovat i na vozidla, které musí splňovat určité emisní limity (Antoš et al., 2019).

Vjezd nákladních vozidel do města se povoluje za účelem nakládky a vykládky zboží. Mezi upravující opatření pro vjezd nákladních vozidel patří zejména:

- stanovení tras pro nákladní vozidla,
- informace o hmotnosti a rozměrech vozidla, době vjezdu, pruhy pro nákladní vozidla, parkování a další,
- značení dopravních komunikací dle platných předpisů pro místní podmínky,
- uliční prostory pro nakládku nebo vykládku, které jsou i časově omezené,
- omezení v souvislosti bezpečnosti provozu a ekologie,
- časová omezení pro vjezd v určité dny, týdny či pouze v sezónní době,
- noční dodávky do obchodů v době nočního klidu (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

1.8.3 Mapa pro řidiče nákladních vozidel

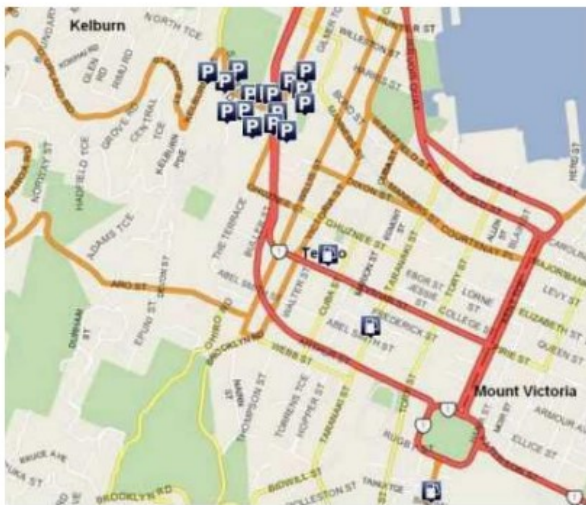
Dle Antoše et al. (2019) detailní zásobovací mapa pro nákladní vozidla umožňuje optimalizovat jednotlivé zásobovací trasy ke konkrétnímu zákazníkovi. Mapa pro nákladní vozidla může být jak v tištěné podobě, tak může být i v elektronické podobě součástí navigačních systémů, které jsou schopné řidiče na určité trase navést.

Pro použití inteligentních dopravních systémů v silniční dopravě pro řidiče existuje mnoho technologií ve vozidlech včetně systémů satelitní navigace, inteligentních karet nebo proměnlivého dopravního značení, které se dokážou propojit se systémy řídicí provoz ve

městě. Tyto systémy se používají k plánování tras a jízd řidičům nákladních vozidel a pro další služby, které jsou zákazníkům poskytovány (Voženílek, Strakoš et al., 2009).

Vytvoření této mapy pomáhá řidičům nákladních vozidel při navigaci a orientaci ve městě. Tyto mapy (viz obrázek 6) obsahují informace o:

- omezení jízdy vozidel podle hmotnosti,
- výskyt zásobovacích ramp,
- zákazy vjezdu nákladních vozidel,
- doporučené trasy a další (Antoš et al., 2019).



Obrázek 6 Mapa doporučených tras pro nákladní vozidla (Antoš et al., 2019)

1.8.4 Doručování jinými druhy dopravních prostředků

V určitých velkých městech existuje hustá síť tramvajových linek, které v nočních hodinách nejsou úplně stoprocentně využívány. Je možnost je využít pro zásobování nebo svoz odpadu. Proto tak existuje možnost zásobování center měst pomocí nákladních tramvají. V Zürichu jsou tramvaje přizpůsobeny pro svoz odpadu a v Drážďanech funguje nákladní tramvaj (viz obrázek 7), která spojuje distribuční centrum a továrnu v centru města (Antoš et al., 2019).



Obrázek 7 Nákladní tramvaj v Drážďanech (Antoš et al., 2019)

Distribuce balíků a lehkých zásilek může také probíhat pomocí kurýrů na jízdnicích kolech. Tato služba je zcela běžná a využívá se již v mnoha městech Evropy. Pomocí jízdnicích kol jsou většinou doručovány malé zásilky a balíky v centrech měst. Zásilky jsou doručeny přímo adresátovi (Antoš et al., 2019).

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU CITY LOGISTIKY VE SVĚTĚ

V současné době se oblast last-mile logistiky stále více rozvíjí a získává velkou pozornost u spousty inženýrů a vědců po celém světě.

Lu a Yang (2019) navrhli hybridní plánování tras pro vyzvednutí a doručení v logistice. Bergmann et al. (2020) řeší problém distribuce v city logistice integrováním first-mile vyzvednutí a last-mile doručení na sdílených trasách vozidel. Wang et al. (2019) zavedli kooperativní mechanismus kvůli problémům vyzvednutí a doručení s heterogenními vozidly v rámci časových oken. Yu, Luo a Wu (2020) také stanovili problém online vyzvednutí a doručení s omezenou kapacitou s cílem minimalizovat zpoždění. McLeod et al. (2020) hodnotili potencionální enviromentální a finanční přínosy z hlediska změny tradičních dodávkových rozvozů k alternativnímu modelu, kdy rozvozy zajišťují nosiči a cyklo kurýři s podstatně omezeným vozovým parkem dodávek. De Kervenoael, Schwob a Chandra (2020) provedli studii o elektronických maloobchodech a zapojení doručovatelů do městského last-mile doručení za účelem vytvoření hodnot udržitelné logistiky. Kirschstein (2020) navrhl model spotřeby energie pro drony, aby popsal energetickou náročnost doručování pomocí dronů. Leyerer et al. (2019) navrhli inovativní koncept pro last-mile doručení balíků a vyvinuli model optimalizace na podporu taktických plánovacích rozhodnutí. Oliveira et al. (2019) analyzovali dostupnost od sběrných a doručovacích míst s cílem udržitelnosti doručování v rámci elektronického obchodu.

2.1 Last-mile doručování pomocí dronů

Zpočátku byly drony spojovány jen s vojenským a leteckým odvětvím. V současné době se stále častěji využívají k různým činnostem v rámci volnočasové, neziskové a komerční sféry. Dron je známý také pod pojmem bezpilotní letadlo. Drony mohou být řízeny buď člověkem na dálku nebo mohou být ovládány inteligentně pomocí počítačů. Ve většině případů se používá kombinace obou způsobů. Drony se stále více dostávají do podvědomí maloobchodníkům a logistickým společnostem v možnosti doručování balíků zákazníkům právě pomocí dronů (2Flow, 2019).

V posledních letech vzrostl zájem o využívání technologie dronů pro doručování zásilek. Společnost McKinsey proto odhaduje, že autonomní vozidla spolu s drony v budoucnu budou doručovat 80 % všech zásilek. To zejména podporuje investice a inovace v oblasti dronů, což vytváří velký trh (2Flow, 2019).

2Flow (2019) uvádí, že mezi hlavní výhody doručování drony patří:

- možnost cestovat vzdušnou čarou a vyhnout se tak omezením v dopravě,
- rychlost dronu oproti provozu ve městě,
- snížení nákladů na dopravu pro zákazníky,
- změna klimatu snížením spotřeby energie a uvolňováním skleníkových plynů,
- snížení emisí dopravy.

Z těchto výhod pro last-mile doručení plyne celkově velké ušetření. Last-mile doručení je obvykle nejdražším a nejnáročnějším úsekem cesty zásilky, která tvoří přibližně 50 % celkových nákladů na distribuci. Zavedením této technologie doručování drony by se mohlo optimalizovat last-mile doručení přepravou zásilek z blízkých skladů nebo distribučních center na konkrétní adresu (2Flow, 2019).

Doručování pomocí dronů se ale také potýká nevýhodami této technologie. Největší nevýhodou a překážkou je právní záležitost. V mnoha zemích totiž platí zákony, které omezují lety dronů v určitých oblastech. Současná správa vzdušného prostoru fyzicky znamená, že mnoho oblastí jsou pro drony úplně zakázané. Vzhledem k takovýmto právním překážkám v mnoha zemích je třeba zvážit, zda jsou drony v současné době reálným logistickým řešením. Druhým nedostatkem dronů je omezená technologie baterií. To znamená, že v současné době dron přepravující jednu zásilku do jednoho místa určení může uletět jen něco přes 3 km. Zatímco nákladní drony mají obvykle velmi omezenou kapacitu pouhých 5 kg, tak doručovací vozidla mohou přepravovat stovky balíků najednou. Zastánci doručovacích dronů ale tvrdí, že při současném vývoji inovací by tyto nedostatky mohly být vyřešeny během několika let (2Flow, 2019).

2.1.1 UK

Jednou z prvních společností, která se dostala na titulky ohledně doručování pomocí dronů byla právě Amazon, když generální ředitel Jeff Bezos oznámil plány na vytvoření služby Amazon Prime Air v roce 2013. Je to služba, která pomocí malých dronů doručí balíčky do cca 2,5 kg do 30 minut. Amazon Prime Air úspěšně doručil svoji první zásilku do Cambridge v Anglii v prosinci 2016 (2Flow, 2019).

5. června 2019 společnost Amazon odhalila na konferenci v Las Vegas nejnovější design dronu Prime Air. Usilovně pracují na vývoji plně elektrických dronů, které mohou uletět až 24 km a zároveň doručit balíčky do cca 2,5 kg do 30 minut. S pomocí prvotřídní distribuční a doručovací sítě očekávají, že Prime Air rychle a efektivně vyvinou a budou moci zákazníkům doručovat balíčky prostřednictvím dronů během několika měsíců (Wilke, 2019).

Nejnovější design dronu zahrnuje pokroky v efektivitě, stabilitě a především bezpečnosti. Je jedinečný a díky své hybridní konstrukci (viz obrázek 8) posouvá stav techniky. Jde o to, že má 2 režimy. Vertikální režim, kdy dokáže vzlétat a přistát jako vrtulník a režim letadlo, který je efektivní a aerodynamický. Do těchto 2 režimů může kdykoli snadno přejít. Kvůli bezpečnosti je zcela zakrytý. Tyto kryty jsou zároveň jeho křídly a zajišťují efektivní let. Dron se ovládá pomocí šesti stupňů volnosti od standartních čtyř. Díky tomu je stabilnější a dokáže bezpečně fungovat i v nárazovějších větrných podmínkách. Zákazníci se budou cítit pohodlně při přijímání zásilky jen tehdy, pokud bude systém v dronu opravdu bezpečný. Proto stavíme a vyvíjíme dron, který je nejen bezpečný, ale i nezávislý s využitím nejnovějších technologií umělé inteligence (Wilke, 2019).



Obrázek 8 Hybridní konstrukce dronu s vertikálním a leteckým režimem (Wilke, 2019)

Drony s umělou inteligencí musí být schopny identifikovat statické a pohybující se objekty přicházející z jakéhokoli směru. K detekci statických objektů při letu, jako je třeba komín, používají různé senzory a pokročilé algoritmy, jako třeba více pohledové stereo vidění. K detekci pohybujících se objektů, jako je padák nebo vrtulník, používají vlastní algoritmy počítačového vidění a strojového učení. Při přistávání dronu na místo určení potřebují drony kolem sebe místo aby mohli bezpečně přistát, k tomu používají stereovidění spolu se sofistikovanými algoritmy umělé inteligence vycvičenými k detekci lidí, zvířat a překážek seshora. Na dvoře zákazníků mohou být šňůry na prádlo, telefonní dráty nebo elektrické kabely. Právě detekce drátů je jedním z nejtěžších úkolů pro lety v malých výškách. Pomocí technik počítačového vidění, které Amazon vynalezl, dokážou drony rozpoznat dráty a při přistávání a stoupání se jim vyhnout (Wilke, 2019).

Amazon je nadšený potenciálním dopadem na životní prostředí. Prime Air je jednou z mnoha iniciativ v oblasti udržitelnosti, která má pomoci dosáhnout vize společnosti, podle níž mají být všechny zásilky Amazonu bezemisní a do roku 2030 má být polovina všech zásilek bezemisních. Pokud jde o emise a energetickou účinnost, je elektrický dron nabíjený udržitelnými prostředky je obrovské zlepšení oproti autu na silnici. Dnes většina lidí běží do obchodu hned, protože potřebují určitou položku hned. Právě se službou Prime Air budeme moci si objednat zboží z domova a zůstat doma. Tím výrazně ušetříme spotřebu paliva a snížíme emise (Wilke, 2019).

2.1.2 Německo

DHL byla prvním poskytovatelem balíkových služeb na světě, který do svého logistického doručovacího řetězce začlenil dron Parcelcopter. V roce 2016 společnost úspěšně dokončila tříměsíční zkušební provoz, v rámci, kterého třetí generace Parcelcopter dodávala plně autonomní dodávky po větru a ve sněhu v Bavorských Alpách pro zákazníky ve dvou horských obcích. Toto světové prvenství bylo možné díky systematickému vývoji a důkladnému testování technologie. Tento dlouhodobý výzkumný a inovační projekt byl v roce 2016 oceněn Německou cenou mobility (DHL, 2022).

Od svého prvního letu v prosinci 2013, při kterém Parcelcopter přepravila malý balíček na vzdálenost jednoho kilometru z východního břehu Rýna do sídla společnosti DHL na západním břehu, byla Parcelcopter upravována a optimalizována tak, aby překonávala náročnější podmínky při skutečných doručovacích operacích. První taková výzva přišla v roce 2014, kdy byl Parcelcopter 2.0 v rámci pilotního projektu na ostrově Juist v Severním moři. Bylo to poprvé, kdy byly léky a další naléhavé zboží doručovány nad otevřeným mořem a zároveň to bylo poprvé, kdy byl dron provozován mimo zorné pole pilota v rámci reálné mise. Dron prováděl pravidelné 12 km lety z pevniny do Juistu. Lety byly zcela automatizované, i když neustále monitorované týmem na zemi. Dron se pohyboval ve výšce 50 m rychlostí až 64 km/h. Během týdne tak zajišťoval expresní dodávky pro lékárnu. Zákazníci tak mohli dostávat urgentní léky mnohem rychleji než tradičním způsobem doručení (DHL, 2022).

Na jaře 2016 předvedla nová generace dronu obrovský technologický a výkonnostní skok. Parcelcopter 3.0 je letoun s naklápěcími křídly a dvojnásobnou velikostí oproti svému předchůdci. Tento autonomní bezpilotní letoun je schopný nést zatížení až 2 kg a vyvinout rychlost kolem 70 km/h. Tato generace byla právě začleněna do již zmíněného tříměsíčního zkušebního provozu a byla úspěšně zařazena do doručování zásilek společnosti DHL. Tento výkon také umožnila další inovace Parcelcopter Skyport, což je plně automatizovaný systém

nakládky a vykládky balíků, který byl vyvinut speciálně pro tento výzkumný projekt. Během zkušebního provozu se jednoduše zásilka vložila do Skyportu a zahájil se tak automatizovaná přeprava a doručení pomocí Parcelcopteru. Celkem dron uskutečnil 130 cest, letěl asi 8 km a vystoupal do výšky až 1200 m nad mořem. Doručení dronem bylo provedeno do 8 minut od vzletu. Taková cesta v zimě autem trvá 30 minut (DHL, 2022).

V současné době jsou Parcelcopter a inovativní Skyport určeny k doručování zásilek v těžko dostupných oblastech. Konečným cílem je poskytovat službu doručování dronů ve stejný den ve městech. U Parcelcopteru 3.0 se podařilo realizovat všechna technická a procesní vylepšení, která jsou nutná k provedení testu v městské oblasti. Právě díky Skyportu i zvýšené přepravní zátěži a doletu Parcelcopteru DHL dosáhla technické a procesní vyspělosti, provést tyto zkoušky v městských oblastech. DHL je přesvědčena že Parcelcopter umožnil vytvořit skutečnou přidanou hodnotu v oblasti logistiky. V budoucnu by tak mohla mít podobu dodávek nouzových zdravotnických potřeb nebo do oblastí nacházející se v náročné geografické poloze. Parcelcopter tak lidem v takových oblastech umožňuje nový druh přístupu k flexibilnímu, a hlavně rychlému odesílání a doručování zboží (DHL, 2022).

2.1.3 USA

Společnost UPS je dlouhodobě jedním z lídrů v oblasti doručování pomocí dronů, V roce 2019 založila novou dceřinou společnost UPS Flight Forward, která bude řídit provoz dronů. Zahájili také proces získání povolení od americké vlády pro provozování dronů po celé zemi. Pokud tato žádost bude schválena, mohou mít povoleno létat s drony v noci nad obydlenými oblastmi a mimo dohled operátora (2Flow, 2019).

V roce 2020 UPS Flight Forward oznámila, že bude spolupracovat s německým výrobcem dronů Wingcopter na vývoji nové generace dronů pro doručování zásilek v různých případech použití ve Spojených státech i na mezinárodní úrovni. Spolupráce se společností Wingcopter má pomoci připravit cestu k zahájení služby doručování dronů v nových případech použití. V rámci této spolupráce, obě společnosti budou pracovat na získání regulační certifikace pro bezpilotní letoun Wingcopter, který bude moci provádět komerční doručovací lety ve Spojených státech. Je to zásadní krok k vybudování rozmanité flotily dronů s různými schopnostmi, aby bylo možné uspokojit ještě více potenciálních potřeb zákazníků (UPS, 2020a).

Drony Wingcopter jsou vybaveny funkcí vertikálního vzletu a přistání ve stísněných prostorech. Z vertikálního vzletu přecházejí na efektivní vysokorychlostní horizontální let, což umožňuje prodloužit dolet, rychlost a zvýšit kapacitu nákladu. Hlavní inovací

elektrických dronů s vertikálním startem a přistáním je patentovaný mechanismus naklápěcího rotoru (viz obrázek 9), který umožňuje plynulý přechod do horizontálního režimu s pevným křídlem pro tiché lety. Aerodynamické letouny Wingcopter fungují s nepřekonatelnou stabilitou i za nepříznivých povětrnostních podmínek (UPS, 2020a).



Obrázek 9 Dron s mechanismem naklápěcího rotoru (UPS, 2020a)

V roce 2019 společnost UPS Flight Forward zahájila provoz komerčních letů s drony v síti UPS, který začal doručovací službou v nemocnici a kampusu společnosti WakeMed v Raleighu v Severní Karolíně. Od té doby společnost doručila prostřednictvím dronů tisíce lékařských vzorků, které doplňují pozemní kurýrní službu. Dále společnost zkoumá možnosti využití dronů k doručování maloobchodních výrobků, receptů a zdravotnických produktů v obytných prostorech (UPS, 2020a).

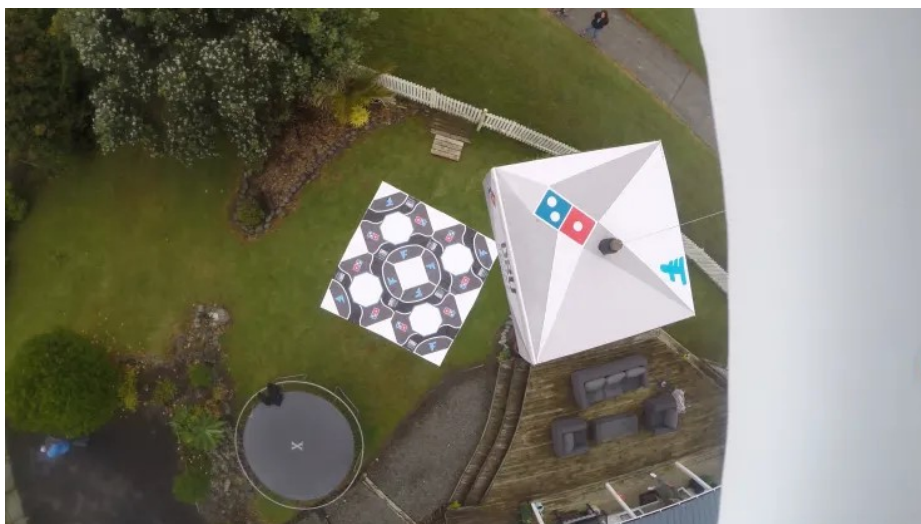
V listopadu 2019 UPS a CVS Health Corporation úspěšně dokončily své první dodávky lékařských předpisů z lékárny CVS v Cary v Severní Karolíně. Dále také bude doručovat pomocí dronů léky na předpis z lékárny CVS do The Villages na Floridě do největší komunity důchodců v USA, kde žije více než 135 000 obyvatel. Služba využívá systém dronů M2 společnosti Matternet. Tato služba vznikla v důsledku boji proti šíření koronaviru a touto službou podporuje zákazníky a jednotlivce ve zdravotnictví inovativními řešeními. Tyto dodávky umožní obyvatelům dostávat léky, aniž by museli opustit své domovy (UPS, 2020b).

Společnost UPS Flight Forward nyní dodává vakcíny COVID – 19 prostřednictvím dronů pro společnost Atrium Health Wake Forest Baptist ve Winston-Salemu v Severní Karolíně za použití nových chladících obalů vyvinutých speciálně pro drony. Společnost také spolupracovala s Cold Chain Technologies na návrhu vlastního řešení velikosti dronu, které

udrží teplotu na 2 až 8 stupních Celsia. Tyto autonomní drony napájené bateriemi produkují nulové provozní emise a zásilky jsou vystaveny menším vibracím než při přepravě pozemní dopravou. Zásilky vyžadují méně izolace a mohou používat gelové obaly místo suchého ledu, protože tráví méně času přepravou. Pro Atrium Health Wake Forest Baptist přepravují drony speciální infuzní léky a laboratorní vzorky již více než jeden rok. Infuzní léky jsou pro pacienta specifické a drahé s krátkou dobou trvanlivosti, takže doručení dronem do 10 minut je v tomto případě ideálním řešením. Používání dronů k přepravě vakcín a dalších léků z hlavního areálu do sítě klinik může zvýšit produktivitu lékárny až o 30 % (UPS, 2021).

2.1.4 Nový Zéland

V roce 2016 doručila společnost Domino's Pizza první pizzu dronem v Novém Zélandu páru Normanových ve Whangaparaoa, což je asi 32 kilometrů od Aucklandu. Cesta dronem trvala necelých 5 minut a doručení pizzy proběhlo do zahrady Normanových (viz obrázek 10). Domino's Pizza investovala do spolupráce se společností Flirtey (SkyDrop) a do této technologie, protože věří, že doručování pomocí dronů bude nezbytnou součástí jejich rozvozu pizzy. Tyto rozvozy pomocí dronů se tak mohou vyhnout dopravním zácpám a semaforům a bezpečně zkrátit cestu tím, že se dostanou přímo k zákazníkům domů. Toto první doručení pizzy následovalo až po řadě zkušebních letů včetně testování teploty potravin a po spolupráci s vládou. Další příležitosti pro zkušební dodávky dronů společnost hledá na svých dalších šesti trzích – Austrálii, Belgii, Francii, Nizozemsku, Japonsku a Německu (Reid, 2016).



Obrázek 10 Místo doručení pizzy páru Normanových (Reid, 2016)

Poté, co se Domino's Pizza zapsala do historie první dodávkou pizzy dronem opět podepsala dohodu se SkyDrop o rozšíření doručování jídla pomocí dronů na Novém Zélandu. Obě společnosti zase navázaly spolupráci, aby tuto inovativní službu nabídly ještě většímu počtu milovníků pizzy s novou a vylepšenou technologií dronů. Zákazníci tak z toho mohou těžit z pohodlí domova, kam jim bude doručena čerstvá, horká pizza pomocí dronů, což velmi snižuje emise skleníkových plynů a dopravní zácpy. Společnost SkyDrop je nadšená, že může zahájit druhou fázi partnerství s Domino's Pizza a rozšířit tak své vedoucí postavení na trhu s doručováním potravin z obchodu do domu v hodnotě bilionu dolarů. Nový Zéland má proto skutečnou příležitost stát v čele odvětví v doručování pomocí dronů v celosvětovém měřítku (Domino's, 2022).

Od počátečního zkušebního provozu dronů společnost SkyDrop vyvinula rychlejší, bezpečnější, tišší a ekologičtější drony, které jsou schopny přepravovat větší užitečné zatížení až 3,5 kg. Zlepšila se také výška přesného doručování dronů až na 60 metrů a přidala padákový systém pro zajištění bezpečnosti. Domino's Pizza proto v současné době prověřuje lokality po celé zemi, kde by zkušební provoz doručování pomocí dronů mohl být zahájen ještě letos (Domino's, 2022).

2.1.5 Afrika

Čtyři regionální centra ve Rwandě hledala inovativní způsoby, kterým by rozšířili rovnoměrnou, rychlou, efektivní a spravedlivou distribuci krve po celé zemi. Zároveň by také kontrolovali stav zásob a udržovali nízkou míru znehodnocení. V roce 2016 se vláda Rwandy spojila se společností Zipline, aby zefektivnila distribuci krve v rámci první aplikace okamžité logistiky ve velkém měřítku na světě. Společnost Zipline doručuje zásilky prostřednictvím nejrychlejší a nejspolehlivější služby okamžité logistiky s využitím jediné rozsáhlé sítě autonomních letadel na světě. O 5 let později Rwanda rozšířila program na celostátní úrovni. Společnost Zipline dodává specializované krevní komponenty a léky do více než 350 rwandských zdravotnických zařízení a zajišťuje více než 75 % distribuce krve kromě hlavního města Kigali. Partnerství umožnilo regionálním centrům se více zaměřit na odběry dárců a lehké zpracování. Díky tomu se v regionálních centrech zvýšil výkon až trojnásobně a společnost Zipline pomohla snížit plýtvání o 95 %. Zároveň zajistila univerzální přístup ke krvi a specializovaným krevním přípravkům a dalším základním lékům (Zipline, 2022a).

Téměř polovina obyvatel Ghany žije mimo města a těchto 12 milionů obyvatel je obtížné oslovit časově omezenými službami závislými na chladících prostředcích. Vláda Ghany potřebovala řešení, kterým by rychle a spravedlivě distribuovala vysoce zkazitelné

vakcíny COVID-19 s co nejmenšími náklady. Když pandemie v roce 2020 omezila pohyb zdravotnických pracovníků, tak měsíční dodávky vakcín společností Zipline vzrostly o více než 400 %. Zipline kombinuje svůj systém doručování na vyžádání a možnosti centralizovaného skladování, aby snížila logistické náklady, eliminovala plýtvání a obešla potřebu chladících prostředků v každém místě péče. Ministerstvo zdravotnictví využilo Zipline k spravedlivé přepravě vzorků vakcíny COVID-19 a dodávkám osobních ochranných prostředků v celostátním měřítku. Škálovatelný systém Zipline dokáže z každého centra distribuovat 75 000 dávek vakcíny týdně za 5–10 centů za dávku. Do července 2021 Zipline dodala více než 2,6 milionů vakcín po celé Ghaně (Zipline, 2022a).

Začátkem roku 2020 představoval COVID-19 velkou globální zdravotní hrozbu pro ambulantní pacienty ve zdravotnických zařízeních včetně nemocnice Butaro. Nemocnice Butaro je hlavní rwandské centrum pro léčbu rakoviny, které spravuje společnost Partners In Health a rwandská vláda. Mnoho pacientů muselo kvůli léčbě cestovat 8-12 hodin tam i zpět. Vzhledem k nárůstu infekcí vyvolaných COVID-19 se odborníci obávali, že by dlouhé cestování mohlo vést k promeškání či zpoždění léčby. Partners In Health musela přehodnotit svůj přístup k dodávání časově citlivých léků. Partners In Health spolupracovali se Zipline na distribuci léků proti rakovině do místních okresních nemocnic. Doručování na vyžádání zkrátilo průměrnou dobu cesty pacienta z osmi hodin na jednu hodinu, což je 85% zkrácení doby cestování, které zvýšilo dostupnost péče a dodržování léčby. Do března 2021, což je rok po spuštění této služby se společností Partners In Health, společnost Zipline doručila pacientům více než 17 000 tablet osmi přípravků proti rakovině v 16 okresech. Tato spolupráce zajistila pacientům i nadále přístup k důležitým lékům a péči (Zipline, 2022a).

Vakcíny COVID-19 vyžadují přísnou komplexní kontrolu teploty od výroby až po místo použití. Mnoho zemí nemá k dispozici infrastrukturu pro skladování při velmi nízkých teplotách a distribuční kapacity chladícího řetězce, které by umožnily realizovat komplexní národní imunizační programy COVID. Vlády vyžadují komplexní logistiku chladícího řetězce, aby mohly bezpečně a efektivně distribuovat vakcíny do obtížně dostupných komunit. V rámci přípravy na příliv kritických vakcín COVID-19 do Afriky spolupracovaly společnosti Pfizer a Zipline na testování a následné implementaci komplexního dodavatelského řetězce od výrobního závodu vakcín v Evropě až po last-mile doručení dronem do Ghany. Společnost Zipline úspěšně udržovala chladící řetězec až do místa podání vakcíny a společnost Pfizer ověřila účinnost balení Zipline při zachování integrity vakcíny při leteckém doručování (Zipline, 2022a).

V prosinci 2020 čelili voliči ve východním regionu Ghany zdánlivě nemožné logistické výzvě. Za 48 hodin se otevíraly volební místnosti pro prezidentské volby a volebním pracovníkům chyběly masky a osobní ochranné prostředky. Desítky tisíc obličejových masek bylo třeba distribuovat do více než 33 okresů na území o rozloze 19 323 km². Při tradiční pozemní přepravě by plánování a provádění této distribuce zabralo 48-72 hodin a dodalo by se pouze 50 % požadovaných zásob, za předpokladu, že by byla vůbec vozidla k dispozici. Volební úřad východního regionu se okamžitě obrátil na společnost Zipline s žádostí o rychlou distribuci osobních ochranných pomůcek, aby zajistil otevření volebních místností a udržel své pracovníky v provozu chráněné. Společnost Zipline souhlasila a více než 18 000 obličejových masek bylo vyzvednuto a odevzdáno v distribučním centru Zipline v Omenaku. Zipline během několika hodin zkoordinovala s řediteli okresů výběr místních zdravotnických zařízení jako místa doručení. Pouhých 16 hodin po první žádosti Zipline zahájil dodávky. Během následujících 15 hodin Zipline vyslal více než 160 letů do 29 doručovacích míst. Ve špičce doručovalo 18 letadel Zipline současně a provoz dosahoval v průměru 15 dodávek za hodinu provozu. Do 9:00 následujícího dne, v den voleb, Zipline rozvezl veškeré zásoby a volební lístky. Každá volební místnost ve východním regionu mohla být otevřena včas a všichni zaměstnanci obdrželi příslušné osobní ochranné prostředky (Zipline, 2022b).

Druhá generace dronu od společnosti Zipline může cestovat maximální rychlostí kolem 127 km/h a unese náklad o hmotnosti 1,8 kg. To je dost rychlé na to, aby se spěšná zásilka s citlivým zbožím na teplotu dostala do nemocnice během 15 až 30 minut. První generace dronu umožnila dobře fungovat ve Rwandě, fyzicky malé zemi, ale nová generace může být rozšířena celosvětově. Druhá generace dronu umožňuje urazit dlouhou cestu na jedno nabití, což mu dává výhodu oproti jiným dronům nebo letadlům (Petrova a Kolodny, 2018). Start dronu začíná umístěním balíčku a padáku do trupu dronu technikem. Poté technik do dronu zavazá modulární sadu baterií. Dva lidé přesunou dron k 13 metrů dlouhému elektrickému katapultu poháněného skupinou kondenzátorů. Dále pomocí aplikace v chytrém telefonu provedou předletový kontrolní seznam. Zipline potvrdí letový plán dronu úřadu pro civilní letectví a požádá o povolení k letu. Nakonec katapult vymrští dron k nebi a během půl sekundy zrychlí na 100 km/h. Dron vystoupá do cestovní výšky 120 metrů a následně nad místem doručení vyhodí zásilku s padákem (Ackerman a Koziol, 2019). Při přistání dronu Zipline používá aktivní systém obnovy, který se inspirovuje letadlovou lodí. Dron sledují s přesností na centimetry a dokážou ho zachytit ze vzduchu za hák dronu pomocí 4,5 metru dlouhého drátu propojeného mezi dvěma robotickými rameny. Po zachycení se dron zhoupne

dolů a tím se zastaví (viz obrázek 11), poté ho letoví operátoři mohou okamžitě vzít, naložit nový balíček a znovu ho vypustit (Petrova a Kolodny, 2018).



Obrázek 11 Přistání dronu (Petrova a Kolodny, 2018)

2.2 Last-mile doručování pomocí autonomních vozidel

Po zavedení automatických strojů na zpracování zásilek byla zahájena automatizace dalších částí řetězce poštovních zásilek. V současné době se po celém světě realizují různé pilotní projekty využití autonomních vozidel jako řešení pro automatizované doručování nebo vyzvednutí zásilek. Potenciální uplatnění autonomních vozidel v poštovním sektoru je rozděleno do dvou hlavních kategorií. První kategorií je doručování koncovému uživateli – last-mile doručení a druhou kategorií je linková přeprava zásilek. Bylo identifikováno pět vhodných technologií:

- autonomní vozidlo řízené doručovatelem – poloautonomní vozidlo, ve kterém je umístěn doručovatel, který může řídit nebo provádět úkoly přípravy nebo optimalizace trasy doručení, přičemž větší díl odpovědnosti za řízení nese vozidlo,
- autonomní vozidlo parkující samostatně – vyhledávání parkovacích míst doručovatelem může negativně ovlivnit efektivitu procesu doručování. Vozidlo, které pouze vyhledává parkovací místa, tento problém eliminuje. Poté, co doručovatel zapne parkovacího asistenta a opustí vozidlo, najde vozidlo nejbližší parkovací místo. Po dokončení dodávky doručovatel vyhledá zaparkované vozidlo pomocí souřadnic GPS,
- autonomní vozidlo sledující doručovatele – Tento přístup je založen na koncepci, že vozidlo doprovází doručovatele, který se pohybuje pěšky, takže zboží je vždy poblíž, tudíž nedochází ke ztrátě času na cestu k zaparkovanému vozidlu. Tím se snižuje únava doručovatele a možnost jeho zranění,

- autonomní vozidlo, které doplňuje počet zásilek při doručování – to znamená, že v určitém okamžiku procesu doručování vozidlo jede pouze k jednotce poštovní sítě na doplnění zásilek a poté se vrací na trasu do místa doručení,
- mobilní balicí box – vozidlo obsahuje přepážky, které samy o sobě fungují jako poštovní schránky. Vozidlo naložené zásilkami by vyjelo na doručení a uživatelé by mohli prostřednictvím kódu nebo čárového kódu vstoupit do příslušného oddílu a zásilku převzít (Lazarevic a Dobrodolac, 2020).

2.2.1 USA

V roce 2016 se uskutečnila dodávka mezi městy Fort Collins a Colorado Springs. Autonomní tahač Otto vezl náklad piva Budweiser více než 193 km mezi těmito městy, což bylo podle Anheuser-Busch první komerční zásilkou na světě autonomním vozidlem. Tento milník z něj činí významný úspěch pro autonomní technologii, stát Colorado a dopravní průmysl. Tento test, na jehož přípravě se podíleli státní dopravní úředníci a společnost A-B, výrobce autonomních nákladních vozidel, znamenal krok vpřed v prosazování bezpečnostních řešení, která pomohou Coloradu dosáhnout nulové smrti na silnicích. Technologie samořízení byla vyvinuta jako řešení problémů se zácpami na dálnicích a bezpečností na národních dálnicích. Odborníci naznačují, že počítačem řízené vozidlo jede důsledněji než vozidlo řízené lidmi. Řidič z lůžka v kabině sledoval cestu po Interstate 25 (viz obrázek 12), jak kamion projíždí centrem Denveru, přes Monument Hill až do Colorado Springs, přičemž se nikdy nechopil volantů. Společnost A-B nadále spolupracuje s dálkovými dopravci při přepravě piva a doufá, že se tato technologie široce rozšíří po dálnicích, aby se zvýšila bezpečnost všech účastníků silničního provozu a pracovalo se na budoucnosti s nízkými emisemi (Paul, 2017).



Obrázek 12 Autonomní tahač Otto při přepravě piva Budweiser (Paul, 2017)

2.2.2 Čína

V únoru 2020 se v Číně v období koronaviru začala dovážet zelenina pomocí robota. Takto dostávalo 16 obcí v Zibo na východě Číny čerstvé produkty během pandemie koronaviru. Robot je autonomní dodávka, která využívá lidary, kamery a algoritmy hlubokého učení k tomu, aby sama řídila. Ve svém nákladovém prostoru uveze až 1000 kg. Bezpilotní vozidlo představuje bezkontaktní alternativu k běžným dodávkám a pomáhá snižovat riziko nákazy z člověka na člověka. Samořídící dodávku vyvinul profesor Ming Liu, který je počítačový vědec z Hongkongské univerzity vědy a technologie a spoluzakladatel společnosti Unity Drive Innovation (UDI) se sídlem v Shenzhenu (Guizzo, 2020).

Od února 2020 UDI provozuje malou flotilu vozidel v Zibo a dvou dalších městech, Suzhou a Shenzhen, kde rozvázejí krabice s jídlem pracovníkům na kontrolních stanovištích (viz obrázek 13) a stříkají dezinfekční prostředky v blízkosti nemocnic. Dodávky dohromady podnikly více než 2 500 autonomních jízd, přičemž i přes omezení v době koronaviru se setkaly s rušným provozem. UDI je připravena provozovat svá vozidla na veřejných komunikacích díky reálným zkušenostem, které získala z řady nedávných projektů. Ty zahrnují velké společnosti, které testují robotické dodávky uvnitř svých průmyslových parků. Jedním z nich je tchajwanský elektronický gigant Foxconn. Od konce roku 2018 používá dodávky UDI k přepravě elektronických součástek a dalších položek v rámci svého rozsáhlého areálu v Shenzhenu, kde pracuje asi 200 000 zaměstnanců. Roboti se musí pohybovat labyrintovými trasami, a přitom se vyhýbat nepředvídatelné mase chodců, jízdních kol a kamionů (Guizzo, 2020).



Obrázek 13 Autonomní vozidlo rozvázející jídlo v Shenzhenu (Guizzo, 2020)

Vozidlo společnosti UDI s názvem Hercules využívá průmyslový počítač s operačním systémem pro roboty. Je také vybaveno podvozkem drive-by-wire s elektromotory napájenými 8,4 kWh lithium-iontovou baterií. Senzory zahrnují hlavní lidar, tři pomocné lidary, stereokameru, čtyři kamery s rybím okem, 16 sonarů, redundantní satelitní navigační systémy, inerciální měřicí jednotku a dva snímače kol. Počítač přijímá data z lidaru a přivádí je do hlavního algoritmu vnímání, který se skládá z konvoluční neuronové sítě vycvičené k detekci a klasifikaci objektů. Neuronová síť vytváří sadu 3D ohraničujících objektů představující vozidla a další překážky na silnici. Tento proces se opakuje 100krát za sekundu. Další algoritmus zpracovává snímky z kamer směřujících dopředu, aby identifikoval dopravní značky a semaforey a třetí porovnává data s globální mapou, což umožňuje vozidlu se samo lokalizovat. Pro zrychlení, brzdění a řízení posílá počítač příkazy dvěma sekundárním počítačům s operačním systémem v reálném čase připojeným k modulům drive-by-wire (Guizzo, 2020).

UDI také čelí náročnějším jízdním podmínkám než konkurenti jako Waymo a Nuro, kteří provádějí své testy v předměstských oblastech ve Spojených státech. V Shenzhenu musí dodávky UDI projíždět úzkými ulicemi s dvojité zaparkovanými auty a agresivními motocykly, které jezdí těsně kolem robota. V Shenzhenu byl nutný zásah člověka asi dvakrát, když se roboti dostali do situací, se kterými si nevěděli rady – příliš mnoho vozidel na silnici, falešná detekce semaforů v noci nebo v jenom případě dělník vycházející z šachty. Kvůli bezpečnosti UDI naprogramovalo dodávky tak, aby jezdily nízkou rychlostí do 30 km/h. V několika případech převzali operátoři řízení na dálku, protože pomalou jízdou se dodávky stávaly nebezpečím a obtěžovaly okolní řidiče. UDI během své autonomní jízdy shromažďují obrovské množství videozáznamů a údajů ze senzorů. Tyto informace budou užitečné pro zlepšení počítačových simulací vozidel a později i samotných skutečných vozidel (Guizzo, 2020).

2.3 Last-mile doručování pomocí mobilního depa a nákladních kol

Jedním z možných inovativních způsobů expresního vyzvednutí a doručení ve městech je použití mobilního depa, což je přívěs vybavený nakládacím dokem, skladovými prostory a kanceláří (viz obrázek 14). Ráno je přívěs naložen všemi zásilkami do města pro daný den a poté je odvezen na určené místo ve městě. Odtud konečné dodávky provádějí expediční jezdci na elektricky poháněných kolech. Jedním z očekávaných přínosů tohoto řešení je snížení počtu naftových kilometrů, protože to povede ke snížení emisí znečišťujících látek. V závislosti na typu městské oblasti, kde se mobilní depo používá, je možné zvýšit efektivitu

a čas. To v kombinaci se snížením počtu kilometrů sníží případné náklady na jednu zastávku placené poskytovatelem doručovacích služeb (Verlinde et al., 2014).



Obrázek 14 Mobilní depo společnosti TNT v Bruselu (Verlinde et al., 2014)

2.3.1 Finsko

Dřevěný domek postavený v centru Helsinek se dvěma zaparkovanými kontejnery, který byl vedle jedné z nejdůležitějších cyklostezek ve městě, sloužil 6 měsíců jako sdílené mikrodepo. Do této operace se zapojilo 5 obchodních partnerů. Společnost, která zajišťuje nepřetržitou úschovu balíků. Druhým je vydavatel časopisů, který si nechal denně doručovat své časopisy na nákladních kolech od externího poskytovatele logistických služeb. Další je velký poskytovatel logistických služeb, který využíval mikrodepo jako překladiště a doručoval ze svého depa do mikrodepa buď dodávkou nebo kamionem a z mikrodepa k zákazníkům na nákladních kolech. Poslední je společnost poskytující hromadné dodávky. Za sdílené mikrodepo zodpovídala obec, která zajišťovala úklid a ostrahu objektu. Každý poskytovatel logistických služeb fungoval samostatně, pouze sdílel umístění. Vzhledem k tomu, že pro last-mile doručování používali kola, tak byla jejich cílová oblast dodání nastavena na cca 10 km² a pokrývala obytné i hlavní obchodní oblasti ve městě. Doručování probíhalo den po vyzvednutí zboží u odesílatele (Rosenberg et al., 2021).

Vozidla, která poskytovatelé služeb používali při doručování do sdíleného mikrodepa byly nákladní nebo dodávkové vozy a každý poskytovatel potřeboval jednu až dvě jízdy do sdíleného mikrodepa denně v závislosti na denním objemu příslušného poskytovatele. Po cestě také byly prováděny dodávky, proto vozidla nemohla být plně obsazena. Vozidla, která jezdila ze sdíleného mikrodepa k zákazníkům, byla většinou nákladní kola, ale bylo možné využít i elektrické dodávky. Nákladní kola mají kapacitu 1 m³, vyvezou 30 až 40 zásilek a

každé kolo bylo schopné vykonat 3 až 4 jízdy denně. Vozidla byla přes noc uložena v garáži a ráno zase naložena. Nákladní kola byla majetkem poskytovatelů logistických služeb. Množství zpracovaných objednávek za den záviselo na poptávce, v rušném dni by však mikrodepo mohlo očekávat zpracování kolem 200 balíků. Časové okno pro doručování a vyzvedávání zboží bylo od 8 do 16 hodin a obvykle se doručovalo ráno a odpoledne vyzvedávalo (Rosenberg et al., 2021).

Základem úspěchu je umístění. Ve skutečnosti poskytovatelé logistických služeb v pilotním projektu uvedli, že hlavním důvodem jejich účasti byla lokalita, kterou obec poskytla. Nicméně nejen umístění je klíčové z provozního hlediska, ale zásadní je i správný druh zázemí pro tuto činnost. Hlavním zařízením potřebným pro sdílené mikrodepo byly vykládací prostory pro kamiony a dodávky, malý skladovací prostor a prostor vyhrazený pro nákladní kola. Vzhledem k zimním teplotám v Helsinkách vyžadovalo navíc mikrodepo kvalitní vybavení, oblečení a šatny (Rosenberg et al., 2021).

Pilotní projekt se setkal s pozitivní zpětnou vazbou od obyvatel, kteří si vyzvedávali balíky nebo procházeli kolem mikrodepa. Zejména sociální efekt, jelikož mnoho kolemjdoucích využívalo mikrodepo jako místo pro společné setkání a pro hodně lidí se stalo místem pro odpočinek. Společnosti zapojené do pilotního projektu oznámily zvýšení efektivity při doručování z mikrodepa do oblastí s větší hustotou. Z projektu je také vidět, že mít externího operátora pozitivně ovlivňuje práci poskytovatelů logistických služeb a myslí si, že je to nutné k udržitelnosti v dlouhodobém měřítku. Po přidání složky sdíleného zařízení je provoz složitější. Z této zkušenosti vyplývá, že počáteční nedostatek důvěry ve sdílení prostoru s konkurentem byl jednou z mnoha překážek při zřizování sdíleného mikrodepa. Správné obchodní partnerství je proto zásadním kritériem úspěchu sdíleného mikrodepa. Pokud má mikrodepo obchodní partnery, kteří fungují nezávisle, každodenní provoz probíhá snadno (Rosenberg et al., 2021).

2.3.2 Nizozemsko

Město Helmond buduje novou čtvrť, jejímž cílem je stát se nejchytřejší čtvrtí na světě. Chytrá čtvrť Brainport bude zahrnovat 1500 domů a 12 akrů obchodních pozemků. Součástí tohoto programu je realizace sítě sdílených mikrodep. Do čtvrti budou moct vjíždět pouze bezemisní vozidla. Konceptem je proto umístění prvního sdíleného mikrodepa mimo čtvrť, ale hned vedle ní. Odtud budou pro last-mile doručení sloužit nákladní kola nebo lehká elektrická vozidla. Místní úřady konzultovaly proces plánování nové čtvrti a zejména sdíleného mikrodepa s budoucími obyvateli a obchodními partnery (Rosenberg et al., 2021).

Průzkum byl proveden mezi 152 budoucími obyvateli. Z Výsledků vychází, že 65 % obyvatel objednává aspoň každý měsíc přes internet. 55 % obyvatelů začalo kvůli koronaviru více objednávat. Navíc 71 % obyvatel dává přednost doručení domů před nutností vyzvednout si zboží sami a více než 25 % považuje tuto druhou možnost za obtěžující. Téměř dvě třetiny obyvatel je ochotné za využití mikrodepa zaplatit. Z výsledků průzkumu vyplývá, že obyvatelé by považovali navrhované logistické řešení za atraktivní, pokud by obsahovalo následující vlastnosti:

- otevřeno 24 hodin denně, 7 dní v týdnu,
- bezpečnost,
- blízko domova,
- oznámení o doručení,
- snadný přístup,
- účast všech poskytovatelů logistických služeb (Rosenberg et al., 2021).

Dialog s obchodními partnery probíhal většinou formou virtuálních workshopů. Sešlo se 8 potenciálních obchodních partnerů, aby definovali své cíle, vytvořili společnou vizi a navázali vztah. Hlavními diskutovanými tématy byly právní požadavky, provozní model a sociální funkce lokality. Vyhodnotili, že velké společnosti poskytující logistické služby mikrodepa nepotřebují, ale ty malé ano. Jediný důvod, který by nutil velké poskytovatele využít sdílené mikrodepo by byl, kdyby nebyl jiný způsob, jak se k zákazníkům domů dostat. Potenciální obchodní partneři také uvedli, že sdílení dat mezi společnostmi je obtížné, protože vedle potřeby společného systému existuje i počáteční nedůvěra. Sdílené mikrodepo by tedy mělo mít společnou službu pro zákazníky, ale ne pro poskytovatele doručující na dané místo. Z toho plyne, že sběrná a doručovací místa mají význam pouze tehdy, pokud jsou zákazníci ochotni se vzdát pohodlí při přijímání zásilek doručovaných domů. Většina zákazníků v Nizozemsku se shodla na tom, že zatím není ochota se tohoto luxusu vzdát (Rosenberg et al., 2021).

Ve sdíleném mikrodepu v Brainportu jsou tedy preferovány dodávky white-label, což znamená, že za celý provoz sdíleného mikrodepa odpovídá jedna organizace, zejména za last-mile doručování k zákazníkům domů. Poskytovatelé logistických služeb by vykládali své zásilky v mikrodepu a odtud by probíhalo doručování white-label. Tato white-label organizace by tedy musela být z právního hlediska sama novým subjektem. Možností by bylo, kdyby všechny zúčastnění poskytovatelé měli v této nové organizaci podíl a tímto způsobem

by se zavázali k jejímu úspěchu. Cílem v Helmondu je vytvořit organizaci white-label ještě před vybudováním sdíleného mikrodepa (Rosenberg et al., 2021).

2.3.3 Francie

Společnost Stuart, která je součástí skupiny DPDgroup, společně s městem Paříž a radnicí 15. obvodu zkouší mobilní depo na vyhrazeném parkovišti, aby omezila emise uhlíku, hluk a dopravní zácpy spojené s doručováním ve městě (King, 2021).

Od dubna 2021 po dobu 6 měsíců stálo na parkovišti velkokapacitní vozidlo, které má až 20 m³. Z tohoto vozidla se rozvážejí zásilky na elektricky poháněných kolech s přívěsy (viz obrázek 15), aby bylo možné provádět efektivní a ekologicky odpovědné doručování v okolí. Tento nový logistický model přibližuje zboží spotřebiteli a podporuje aktivní last-mile doručování. Z dlouhodobého hlediska by tato zkušební verze mohla pokračovat v okrese a rozšířit ji za účelem posílení doručovací služby ve stejný den nebo na základě objednávky, která je pro maloobchodníky a elektronické obchodníky zásadní (King, 2021).



Obrázek 15 Elektricky poháněná kola s přívěsem (King, 2021)

V Paříži je podíl last-mile doručování 15-20 % městské dopravy a způsobuje 25 % emisí uhlíku. Nárůst objemu dodávek během pandemie koronaviru přináší podle společnosti Stuart zásadní strukturální změny, které vyžadují umístění logistiky do centra měst. Období koronaviru umožnila společnosti otestovat nové přístupy a vylepšit model městské logistiky tím, že pracují velmi intenzivně s klientskými partnery a veřejnými orgány. Díky mnoha zkušenostem je Stuart připraven se posunout na další úroveň, dokázat se postarat o větší objemy zásilek a zamezit dopravním špičkám pomocí větších městských skladů a zavedením mobilních dep ve městech (King, 2021).

Od roku 2020 Stuart rozvíjí svou síť městských skladů, aby sdružovala příchozí logistické toky ve městech s cílem distribuovat dodávky přímo do nejbližších oblastí a případně dodat mobilní depa pro pokrytí vzdálenějších doručovacích oblastí. Tyto městské sklady jsou založeny na zhodnocení stávajících prostor v centru měst než na budování všeho od začátku. Otevření městského skladu Stuart v Paříži-Bercy, kterým je bývalé nákladní nádraží o rozloze více než 1200 m², umožňuje doručování zásilek ve stejný den nebo na základě objednávek (King, 2021).

Tento model velmi snižuje počet objemných dodávkových vozidel v Paříži, protože vozidla s vysokými emisemi, co přijíždí nejbliže k místu určení, nahradí elektrická jízdní kola s přívěsy. Dlouhodobou ambicí je vytvořit síť městských skladů a mobilních dep, které budou nejvhodnější jak pro městské uživatele, tak pro doručovatele balíků, aby bylo možné co nejlépe uspokojit potřeby zákazníků a přizpůsobit se dopravním špičkám (King, 2021).

3 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ LAST-MILE DORUČOVÁNÍ POMOCÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ

Tato kapitola je zaměřena na problém výběru elektrického vozidla pro last-mile doručování pomocí vícekritériálního rozhodování. Pro vícekritériální rozhodování byla vybrána metoda aditivního poměrového hodnocení (ARAS), která je v první části popsána teoreticky. V druhé části je tato metoda prakticky pomocí výpočtů aplikovaná na uvedený problém.

3.1 Metoda aditivního poměrového hodnocení (ARAS)

Metoda aditivního poměrového hodnocení (ARAS) je jednou z metod vícekritériálního rozhodování, kterou definovali Zavadskas a Turskis (2010). Tuto metodu jde velmi dobře využít v seřazení několika alternativ, kdy se bere v úvahu více kritérií. Podle metody ARAS hodnota funkce užitku určuje efektivnost alternativy přímo úměrně vlivu hodnot a vah hlavních kritérií. Zavadskas a Turskis (2010) pospali tuto metodu v několika krocích:

Rozhodovací matice se skládá z m alternativ (řádků) hodnocených na základě n kritérií (sloupců).

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}, j = \overline{1, n}; \quad (1)$$

Kde: m – počet alternativ, n – počet kritérií popisujících každou alternativu, x_{ij} – hodnota představující hodnotu výkonu i -té alternativy z hlediska j -tého kritéria, x_{0j} – optimální hodnota j -tého kritéria.

Pokud není známa optimální hodnota j -tého kritéria, pak:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij}, \text{ jestliže } \max_i x_{ij} \text{ je upřednostněno;}$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij}^*, \text{ jestliže } \min_i x_{ij}^* \text{ je upřednostněno;} \quad (2)$$

Obvykle se za položky rozhodovací matice považují hodnoty výkonu x_{ij} a váhy kritérií W_j . Soustavu kritérií i hodnoty a počáteční váhy kritérií určují experti. Tyto informace mohou zájemci upravovat s ohledem na své cíle a možnosti.

V dalším kroku se normalizují výchozí hodnoty všech kritérií – definující hodnoty \bar{x}_{ij} normalizované rozhodovací matice \bar{X} .

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0j} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \cdots & \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mj} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}, j = \overline{1, n}; \quad (3)$$

Pro kritéria s maximálními preferovanými hodnotami se normalizace provádí podle následující rovnice:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; \quad (4)$$

Pro kritéria s minimálními preferovanými hodnotami se normalizace provádí ve dvou krocích podle následující rovnice:

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*}; \bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}; \quad (5)$$

V dalším kroku se definuje normalizovaná vážená matice \hat{X} . Kritéria je možné hodnotit s váhami $0 < W_j > 1$. Měly by se používat pouze dobře zdůvodněné váhy, protože váhy jsou vždy subjektivní a ovlivňují řešení. Hodnoty vah W_j jsou obvykle stanoveny metodou expertního hodnocení. Součet vah W_j je omezen následujícím způsobem:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1; \quad (6)$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0j} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{i1} & \cdots & \hat{x}_{ij} & \cdots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mj} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}, j = \overline{1, n}; \quad (7)$$

Normalizované vážené hodnoty všech kritérií se vypočítají takto:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot W_j; i = \overline{0, m}; \quad (8)$$

Kde W_j je váha (důležitost) j-tého kritéria a \bar{x}_{ij} je normalizované hodnocení j-tého kritéria.

V předposledním kroku se určuje hodnota funkce optimality takto:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; i = \overline{0, m}; \quad (9)$$

Kde S_i je hodnota funkce optimality i-té alternativy. Největší hodnota S_i je nejlepší, zatímco nejmenší je nejhorší. Čím větší je tedy hodnota funkce optimality S_i , tím efektivnější je alternativa. Podle hodnoty S_i lze určit priority alternativ.

Posledním krokem je výpočet míry užitku alternativy. Nutné je porovnat varianty s ideálně nejlepší S_0 . Výpočet míry užitku K_i alternativy a_i je uveden v následující rovnici:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; i = \overline{0, m}; \quad (10)$$

Kde S_i a S_0 jsou hodnoty kritéria optimality. Vypočtené hodnoty K_i jsou v rozmezí 0 až 1.

3.2 Aplikace metody ARAS na problém výběru elektrického vozidla – ilustrativní příklad

Pro výpočet příkladu jsou zvoleny 4 alternativy v podobě elektrických vozidel. Každá alternativa má 4 stejná hodnotící kritéria. Na základě hodnot kritérií se vypočte, která ze 4 alternativ je nejefektivnější na pořízení.

Tabulka 1 Počáteční rozhodovací matice

počáteční matice	<i>Cena (Eur)</i>	<i>Užitečné zatížení (kg)</i>	<i>Kapacita baterie (h)</i>	<i>Objem (m³)</i>
0 - OPTIMÁLNÍ HODNOTA	36000	1630	11	10
EV-1	38600	1630	5	7
EV-2	36000	950	8	4
EV-3	37900	620	11	5
EV-4	43500	1450	7	10
<i>MIN/MAX</i>	MIN	MAX	MAX	MAX
SUMA	0,0001	6280,0000	42,0000	36,0000

Zdroj: Autor

Prvním krokem je sestavení počáteční rozhodovací matice se vstupními hodnotami (viz tabulka 1). Na začátek jsou zvolena pro 4 elektrická vozidla 4 specifická kritéria. Prvním kritériem je cena pořízení elektrického vozidla. Ta se pohybuje okolo 40000 eur. Druhým kritériem je užitečné zatížení vozidla, což je maximální zátěž, co se do vozidla může naložit. Dalším důležitým kritériem je kapacita baterie elektrického vozidla. Ta udává, jak dlouho vozidlo může být v provozu na jedno nabití. Nejdelší výdrž ze zvolených vozidel dosahuje až 11 hodin. Posledním kritériem je objem nákladového prostoru vozidla. Ten se pohybuje od 4 do 10 m³. Dále je potřeba určit optimální hodnotu pro každé kritérium. Optimální hodnota ceny se určuje podle minimální hodnoty, protože vždy se chce pořídit vozidlo za tu nejnižší cenu. U ostatních kritérií se určuje optimální hodnota podle nejvyšší hodnoty, jelikož větší užitečné zatížení, kapacita baterie a objem je u vozidel vždy lepší. Naposled se vypočte suma každého kritéria, což je součet všech hodnot daného kritéria, která je potřeba pro další výpočet v následujícím kroku.

Tabulka 2 Normalizovaná rozhodovací matice

Normalizace	Cena (Eur)	Užitečné zatížení (kg)	Kapacita baterie (h)	Objem (m ³)
0	0,2123	0,2596	0,2619	0,2778
EV-1	0,1980	0,2596	0,1190	0,1944
EV-2	0,2123	0,1513	0,1905	0,1111
EV-3	0,2017	0,0987	0,2619	0,1389
EV-4	0,1757	0,2309	0,1667	0,2778
MIN/MAX	MIN	MAX	MAX	MAX
VÁHY	0,33	0,22	0,3	0,15

Zdroj: Autor

V druhém kroku se provede normalizace rozhodovací matice. Normalizace se používá, aby došlo ke sjednocení hodnot podle stejného měřítka, jinak by došlo ke zkreslení vypočtených informací. Normalizace hodnot kritérií se provádí pomocí dvou vzorců podle toho, zda se jedná o kritérium s minimální nebo maximální preferovanou hodnotou. U kritéria s maximální preferovanou hodnotou, což je užitečné zatížení, kapacita baterie a objem, se výpočet normalizace provádí podělením dané hodnoty u konkrétního kritéria a alternativy nebo optimální hodnotou a sumou stejného kritéria z tabulky 1. U kritéria s minimální preferovanou hodnotou se ještě před zmiňovaným výpočtem pro maximální preferovanou hodnotu provede navíc výpočet, kdy se podělí jednička a hodnota konkrétního kritéria a alternativy nebo optimální hodnoty. Následně se tento výsledek podělí již zmiňovanou sumou stejného kritéria z tabulky 1. Tyto výpočty se provedou u všech vstupních hodnot včetně té optimální, a tak se dosáhne normalizované rozhodovací matice (viz tabulka 2). Pro další výpočet v dalším kroku se zde určuje váha každého kritéria. Tato hodnota váhy znázorňuje, jak moc je dané kritérium důležité. Čím větší hodnota váhy, tím více je kritérium důležité. Všechny váhy kritérií pak musí dát součet 1.

Tabulka 3 Vážená rozhodovací matice

Vážená matice	Cena (Eur)	Užitečné zatížení (kg)	Kapacita baterie (h)	Objem (m ³)
0	0,07006	0,0571	0,0786	0,0417
EV-1	0,06534	0,0571	0,0357	0,0292
EV-2	0,07006	0,0333	0,0571	0,0167
EV-3	0,06655	0,0217	0,0786	0,0208
EV-4	0,05798	0,0508	0,0500	0,0417
MIN/MAX	MIN	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Autor

V dalším kroku se pomocí normalizované rozhodovací matice a vah kritérií z tabulky 2 vypočítá vážená rozhodovací matice. Výpočet vážené rozhodovací matice spočívá ve vynásobení normalizované hodnoty u konkrétního kritéria a alternativy nebo optimální hodnoty s váhou stejného kritéria jako je hodnota. Tento výpočet se provede u každé normalizované hodnoty a z vypočítaných hodnot vznikne vážená rozhodovací matice (viz tabulka 3).

Tabulka 4 Hodnota funkce optimality

Funkce optimality	S
0	0,2474
EV-1	0,1873
EV-2	0,1772
EV-3	0,1877
EV-4	0,2004

Zdroj: Autor

V předposledním kroku se vypočítá hodnota funkce optimality. Tento výpočet spočívá v součtu všech kritérií u každé alternativy i optimální hodnoty. Čím vyšší hodnota vyjde, tím je vozidlo efektivnější. Alternativa s nejmenší hodnotou funkce optimality je nejhorší. Z výsledných hodnot funkce optimality (viz tabulka 4) vychází, že nejefektivnější je elektrické vozidlo čtvrté.

Tabulka 5 Míra užítku alternativy

Alternativní užitek	K
0	
EV-1	0,7572
EV-2	0,7160
EV-3	0,7586
EV-4	0,8102

Zdroj: Autor

V posledním kroku se spočítá míra užítku alternativy. V tomto výpočtu je potřeba porovnat optimální hodnotu funkce optimality se všemi alternativy. Výpočet spočívá vždy v podělení hodnoty funkce optimality jedné alternativy s optimální hodnotou funkce optimality. Tento výpočet se provede se všemi alternativy. Čím větší hodnota vyjde, tím je míra užítku lepší. Z výsledků míry užítku alternativy (viz tabulka 5) vychází, že největší užitek poskytne čtvrté elektrické vozidlo. Z toho vyplývá, že metodou ARAS pro výběr

elektrického vozidla pro last-mile doručování je z těchto alternativ nejefektivnější čtvrté elektrické vozidlo.

ZÁVĚR

Městská logistika v kontextu last-mile doručování je důležitou součástí každého města, kde se doručuje větší množství zásilek. Vývoj last-mile doručování je pro budoucnost velmi důležitý a bude se mu věnovat větší pozornost. V last-mile doručování se bude tento vývoj týkat hlavně v oblasti nových technologií, jako jsou elektrická, autonomní vozidla a drony, kterým se dostává čím dál větší pozornost. Obyvatelé tak mají kvalitnější obslužnost města v klidném prostředí bez zbytečného hluku a méně vznikajícím emisím. K dosažení cíle práce byla struktura práce rozdělena do tří hlavních kapitol.

První část práce byla zaměřena na teoretickou problematiku city logistiky. Na počátku části byla vysvětlena základní definice city logistiky. Byli popsány hlavní cíle logistiky ve městech, ale také případné problémy a rizika, které mohou s city logistikou vzniknout. Dále se v této části vyskytuje několik technologií a modelů, které mohou být ve městě použity. Byli popsány technologie jako hub and spoke, gateway či cross-docking. Byly zde zmíněny subjekty, kdo vše se do city logistiky může zapojit. Případné ekologické možnosti, jak pomoci lepšímu životnímu prostředí, je využití ekologičtějších dopravních prostředků pro doručování, omezení a regulace povolení vjezdu nákladních vozidel nebo mapy pro řidiče nákladních vozidel.

V druhé části se analyzoval současný stav city logistiky ve světě. Analyzovalo se, v jakých městech ve světě se city logistika využívá. Zjišťovalo se, jestli jsou ve světě problémy s city logistikou a jak tyto problémy ostatní města řeší. Proběhla zde analýza, jakými možnými dopravními prostředky je možné v ostatních městech ve světě doručovat. Zjistilo se že mnoho firem jako je Amazon, UPS nebo DHL využívá k last-mile doručení drony. V USA nebo v Číně probíhá v určitých oblastech doručování pomocí autonomních elektrických vozidel. Ve Finsku, Nizozemsku či Francii používají pro last-mile doručování mobilní depa s nákladními koly.

Třetí část obsahuje návrh na zlepšení last-mile doručování pomocí vícekriteriálního rozhodování. Na základě analýzy se vybral jeden druh dopravního prostředku, a to elektrické vozidlo. Na základě vícekriteriálního rozhodování byla vybrána elektrická vozidla s různými parametry. Pomocí ARAS metody, která byla předtím vysvětlena bylo vypočítáno dle kritérií, které vozidlo z vybraných typů je nejefektivnější a nejlepší na pořízení.

Cílem bakalářské práce je na základě teoretické charakteristiky city logistiky analyzovat současný stav city logistiky ve světě a navrhnout zlepšení pro last-mile doručování pomocí vícekriteriálního rozhodování.

POUŽITÁ LITERATURA

- 2FLOW, 2019. Why are delivery drones taking off? (Infographic). *2Flow* [online]. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.2flow.ie/news-and-blog/why-are-delivery-drones-taking-off-infographic>
- ACKERMAN, Evan a Michael KOZIOL, 2019. In the air with Zipline's medical delivery drones. *IEEE Spectrum* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/in-the-air-with-ziplines-medical-delivery-drones>
- AIFANDOPOULOU, Georgia a Elpida XENOU, 2019. Sustainable urban logistics planning. *Eltis* [online]. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: https://www.eltis.org/sites/default/files/sustainable_urban_logistics_planning_0.pdf
- ALLEN, J., THORNE, G. a BROWNE, M., 2007. Praktický průvodce nákladní dopravou ve městech - metodická příručka. *BESTUFS* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/good_practice/Czech_BESTUFS_Guide.pdf
- ANTOŠ, Karel et al., 2019. Studijní materiály pro obor logistika a doprava. *Interreg* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: https://clil.vstecb.cz/wp-content/uploads/2019/11/Study-Material-Logistics-and-Transport.pdf?__sw_csrfToken=8ac4ce3c
- BERGMANN, Felix, Stefan M. WAGNER a Matthias WINKENBACH, 2020. Integrating first-mile pickup and last-mile delivery on shared vehicle routes for efficient urban e-commerce distribution. *Transportation Research Part B: Methodological* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.09.013>
- CEMPÍREK, Václav a Hana CÍSAŘOVÁ, 2013. City logistika a její možnosti. *EnviWeb* [online]. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/94526>
- CEMPÍREK, Václav, 2010. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera. ISBN 978-80-86530-70-3.
- CEMPÍREK, Václav, Rudolf KAMPF a Jaromír ŠIROKÝ, 2009. *Logistické a přepravní technologie*. Pardubice: Institut Jana Pernera. ISBN 978-80-86530-57-4.
- DE KERVENOAEL, Ronan, Alexandre SCHWOB a Careen CHANDRA, 2020. E-retailers and the engagement of delivery workers in urban last-mile delivery for sustainable logistics value creation: Leveraging legitimate concerns under time-based marketing promise. *Journal of Retailing and Consumer Services* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.102016>
- DHL, 2022. DHL's Parcelcopter: changing shipping forever. *DHL* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.dhl.com/discover/en-global/business/business-ethics/parcelcopter-drone-technology>
- DOMINO'S, 2022. Look up! Domino's drone delivery trial cleared for take-off in New Zealand. *Domino's* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.dominos.co.nz/newsroom/look-up-domino-s-drone-delivery-trial-cleared-for-take-off-in-new-zealand>
- GUIZZO, Erico, 2020. Robot vehicles make contactless deliveries amid coronavirus quarantine. *IEEE Spectrum* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/robot-vehicles-make-contactless-deliveries-amid-coronavirus-quarantine>

- INSTITUTE FOR TRANSPORT STUDIES, 2001. Park and ride. *KonSULT* [online]. [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/konsult/private/level2/instruments/instrument035/12_035summm.htm
- KING, Hazel, 2021. Stuart launches mobile depot last-mile delivery trial with the City of Paris. *Parcel and postal technology international* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/news/last-mile/stuart-launches-mobile-depot-last-mile-delivery-trial-with-the-city-of-paris.html#prettyPhoto>
- KIRSCHSTEIN, Thomas, 2020. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102209>
- KULWIEC, Ray, 2004. Crossdocking as a supply chain strategy. *Association for Manufacturing Excellence* [online]. [cit. 2022-01-4]. Dostupné z: https://www.ame.org/sites/default/files/target_articles/04-20-3-Crossdocking.pdf
- LAZAREVIC, Dragan a Momčilo Dobrodolac, 2020. Sustainability trends in the postal systems of last-mile delivery. *Perner's Contacts* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.46585/pc.2020.1.1547>
- LEDVINOVÁ, Michaela, 2008. City logistika a navrhování dopravních systémů měst. *Perner's Contacts* [online]. 3(5), 196–202 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/1373/1152>
- LEYERER, Max et al., 2019. Decision support for sustainable and resilience-oriented urban parcel delivery. *EURO Journal on Decision Processes* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40070-019-00105-5>
- LU, Eric Hsueh-Chan a Ya-Wen YANG, 2019 A hybrid route planning approach for logistics with pickup and delivery. *Expert Systems with Applications* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.031>
- MAGISTRÁT HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY, 2010. Pražská integrovaná doprava a cyklisté. *Praha.eu* [online]. [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/cyklisticka/cyklisticka_old_zaloha/s_kolem_po_praze/prazska_integrovana_doprava_a_cykliste.html
- MCLEOD, N. Fraser et al., 2020. Quantifying environmental and financial benefits of using porters and cycle couriers for last-mile parcel delivery. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102311>
- NOVÁK, Radek et al., 2005. *Nákladní doprava a zásilatelství*. Praha: ASPI. ISBN 80-7357-086-6.
- OLIVEIRA, Leise Kelli de et al., 2019. Analysis of accessibility from collection and delivery points: Towards the sustainability of the e-commerce delivery. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20190048>
- OLSSON, John, Daniel HELLSTRÖM a Henrik PÅLSSON, 2019. Framework of last mile logistics research: A systematic review of the literature. *Sustainability* [online]. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su11247131>

- PATRIK, Miroslav, 1993. Závěr. In: PATRIK, Miroslav, ed. *Doprava, životní prostředí a politika: sborník názorů na věc*. Brno: Český a Slovenský dopravní klub, s. 57-60. ISBN 80-901339-2-4.
- PAUL, Jesse, 2017. Semi completes first self-driving commercial shipment through Fort Collins-Colorado Springs beer run. *The Denver Post* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.denverpost.com/2016/10/25/self-driving-beer-truck-colorado/>
- PERNICA, Petr et al., 2001. *Doprava a zasilatelství*. Praha: ASPI. ISBN 80-8639513-8.
- PERNICA, Petr, 2005. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. Praha: Radix. ISBN 80-86031-59-4.
- PETROVA, Magdalena a Lora KOLODNY, 2018. Zipline's new drone can deliver medical supplies at 79 miles per hour. *CNBC* [online]. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2018/04/02/zipline-new-zip-2-drone-delivers-supplies-at-79-mpg.html>
- PRAŽSKÁ INTEGROVANÁ DOPRAVA, 2022. P+R, B+R, K+R. *PID* [online]. [cit. 2022-01-19]. Dostupné z: <https://pid.cz/practicke-informace/pr-br-kr/>
- REID, David, 2016. Domino's delivers world's first ever pizza by drone. *CNBC* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2016/11/16/dominos-has-delivered-the-worlds-first-ever-pizza-by-drone-to-a-new-zealand-couple.html#:~:text=A%20New%20Zealand%20couple%20has,20%20miles%20north%20of%20Auckland%20>
- ROSENBERG, Leonardo Nudelman et al., 2021. Introducing the shared micro-depot network for last-mile logistics. *Sustainability* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13042067>
- RUPPRECHT, Siegfried et al., 2019. Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan. *Eltis* [online]. [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: https://www.eltis.org/sites/default/files/sump_guidelines_2019_interactive_document_1.pdf
- RŮŽIČKA, Jiří, 1993. Ekologické aspekty silniční dopravy. In: PATRIK, Miroslav, ed. *Doprava, životní prostředí a politika: sborník názorů na věc*. Brno: Český a Slovenský dopravní klub, s. 17-27. ISBN 80-901339-2-4.
- SCHMEIDLER, Karel, Jiří JEDLIČKA a Roman LIČBINSKÝ, 2011. Udržitelný rozvoj dopravy v městských oblastech. In: ČÁP, Jiří, eds. *Uživatel v dopravním systému a tvorba hodnoty dopravních služeb: sborník příspěvků: Pardubice, 3.11.2011*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-449-9.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books. Business books. ISBN 80-251-0573-3.
- ŠEBESTA, Michal et al., 2019. Metodika využívání dobré praxe v city logistice se zřetelem na podporu udržitelné městské mobility. *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Metodika-vyuzivani-dobre-praxe-v-city-logistice-se/54Metodika.pdf.aspx>
- ŠIROKÝ, Jaromír et al., 2018. *Technologie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-159-9.
- UPS, 2020a. UPS Flight Forward nnd Wingcopter to develop versatile new drone fleet. *UPS* [online]. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://about.ups.com/us/en/newsroom/press-releases/customer-first/ups-flight-forward-and-wingcopter-to-develop-versatile-new-drone-fleet.html>

UPS, 2020b. UPS Flight Forward, CVS to launch residential drone delivery service in Florida retirement community to assist in Coronavirus response. *UPS* [online]. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://about.ups.com/us/en/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-flight-forward-cvs-to-launch-residential-drone-delivery-service-in-florida-retirement-community-to-assist-in-coronavirus-response.html>

UPS, 2021. UPS operates first ever U.S. drone COVID-19 vaccine delivery. *UPS* [online]. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://about.ups.com/us/en/our-stories/innovation-driven/drone-covid-vaccine-deliveries.html>

VERLINDE, Sara, 2014. Does a mobile depot make urban deliveries faster, more sustainable and more economically viable: results of a pilot test in Brussels. *Transportation Research Procedia* [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.027>

VOŽENÍLEK, Vít, Vladimír STRAKOŠ et al., 2009. *City logistics*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2317-3.

WANG, Yong et al., 2019. Collaborative mechanism for pickup and delivery problems with heterogeneous vehicles under time windows. *Sustainability* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su11123492>

WILKE, Jeff, 2019. A drone program taking flight. *Amazon* [online]. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/a-drone-program-taking-flight>

YU, Haiyan, Xianwei LUO a Tengyu WU, 2020. Online pickup and delivery problem with constrained capacity to minimize latency. *Journal of Combinatorial Optimization* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10878-020-00615-y>

ZAVADSKAS, Kazimieras Edmundas a Zenonas TURSKIS, 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multi-criteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3846/tede.2010.10>

ZIPLINE, 2022a. Transform health access. *Zipline* [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.flyzipline.com/global-healthcare>

ZIPLINE, 2022b. Protecting Ghana's election: instant agility with Zipline's autonomous delivery network. *Zipline* [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: https://assets.ctfassets.net/pbn2i2zbvp41/3yrQaMNdJ1u1J2aSEucjzt/4412ea5d12896d15b7eb41a2212d0295/Zipline_Ghana_PPE_Global_Healthcare_Feb-2021.pdf

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Počáteční rozhodovací matice.....	48
Tabulka 2	Normalizovaná rozhodovací matice.....	49
Tabulka 3	Vážená rozhodovací matice	49
Tabulka 4	Hodnota funkce optimality.....	50
Tabulka 5	Míra užitku alternativy	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Princip technologie Hub and Spoke.....	17
Obrázek 2	Schéma technologie Gateway	17
Obrázek 3	Schéma hybridního cross-dockingu	19
Obrázek 4	Pohyby nákladních vozidel s a bez městského distribučního centra	20
Obrázek 5	Schéma systému Park and Ride	21
Obrázek 6	Mapa doporučených tras pro nákladní vozidla	25
Obrázek 7	Nákladní tramvaj v Drážďanech	26
Obrázek 8	Hybridní konstrukce dronu s vertikálním a leteckým režimem.....	29
Obrázek 9	Dron s mechanismem naklápacího rotoru.....	32
Obrázek 10	Místo doručení pizzy páru Normanových.....	33
Obrázek 11	Přistání dronu	37
Obrázek 12	Autonomní tahač Otto při přepravě piva Budweiser	38
Obrázek 13	Autonomní vozidlo rozvázející jídlo v Shenzhenu	39
Obrázek 14	Mobilní depo společnosti TNT v Bruselu.....	41
Obrázek 15	Elektricky poháněná kola s přívěsem.....	44

SEZNAM ZKRATEK

ARAS	The Additive Ratio Assessment Metoda aditivního poměrového hodnocení
CNG	Compressed Natural Gas Stlačený zemní plyn
CVS	Consumer Value Stores
DHL	Dalsey, Hillblom, Lynn
DPD	Dynamic Parcel Distribution
EV	Electric vehicle Elektrické vozidlo
GPS	Global Positioning System Globální polohový systém
LPG	Liquified Petroleum Gas Zkapalněný ropný plyn
TNT	Thomas Nationwide Transport
UDI	Unity Drive Innovation
UK	United Kingdom Spojené království
UPS	United Parcel Service Americká zásilková služba
USA	United States of America Spojené státy americké

