Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh využití alternativních pohonů při obnově vozového parku společnosti MHA, s.r.o.

Diplomová práce

2023 Bc. Vít Hendrych

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Vít Hendrych**
Osobní číslo:	**D21460**
Studijní program:	**N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace:	**Technologie a řízení dopravy**
Téma práce:	**Návrh využití alternativních pohonů při obnově vozového parku společnosti MHA, s.r.o.**
Zadávající katedra:	**Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod
1. Analýza vozového parku ve vybrané společnosti
2. Návrhy modernizace v oblasti vozového parku
3. Zhodnocení nových navrhovaných řešení pro vozový park
Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

NOVÁK, Radek. Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zasílatelství. V Praze: C.H. Beck, 2018. ISBN 978-80-7400-041-6.
KLEPRLÍK, Jaroslav. Technologie silniční dopravy. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80--7560-295-4.
VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel: [zemní plyn CNG, ropný plyn LPG, biopaliva, etanol a metanol, elektřina, vodík]. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. ISBN 80-239-1602-5.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Šourek, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

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

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. ledna 2023

Prohlašuji:
Práci s názvem Návrh využití alternativních pohonů při obnově vozového parku společnosti MHA, s.r.o. 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 12. 5. 2023

Vít Hendrych v.r.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Davidu Šourkovi, Ph.D., za ochotu, odborné vedení, cenné rady a náměty při zpracování této práce. Rovněž bych chtěl poděkovat vedení společnosti MHA, s.r.o. za poskytnutí materiálů a informací. V neposlední řadě patří poděkování mojí rodině za podporu a motivaci během celého vysokoškolského studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá aktuálním tématem v dopravě, kterým jsou alternativní pohony vozidel jako náhrada za automobily se spalovacími motory či jejich doplnění. Práce obsahuje analýzu jednotlivých alternativních pohonů včetně jejich výhod a nevýhod. V rámci návrhové části diplomové práce jsou představena dodávková vozidla s různými pohony napříč současnou dostupnou nabídkou vozidel výrobců na automobilovém trhu. Závěrečné zhodnocení návrhů popisuje vozidla s maximálním užitkem pro jednotlivé pohony na základě požadavků společnosti MHA. Součástí je výběr konkrétního vozidla, které je v současných podmínkách nejvýhodnější.

KLÍČOVÁ SLOVA

alternativní pohony, elektromobilita, vodíkový pohon, dodávkové automobily, vozový park, emise vozidel

TITLE

Proposal for the use of alternative drives in the renewal of the vehicle fleet of MHA, s.r.o.

ANOTATION

The diploma thesis deals with a current topic in transportation, which is alternative vehicle drives as a replacement for cars with internal combustion engines. The work contains an analysis of individual alternative drives, including their advantages and disadvantages. As part of the design section of the thesis, vans with different drives are presented across the current available range of vehicles from manufactures on the automotive market. The final evolution of the proposals describes vehicles with maximum utility for individual drives based on the requirements of MHA. It includes the selection of a specific vehicle that is the most advantageous in the current conditions.

KEYWORDS

alternative drives, electromobility , hydrogen propulsion, vans, car fleet, vehicle emissions

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ 9
SEZNAM TABULEK 10
SEZNAM ZKRATEK 12
ÚVOD 13
1 Analýza současného stavu vozového parku ve společnosti MHA, s.r.o. 14
1.1 Charakteristika společnosti 14
1.2 Úvod do problematiky 14
1.3 Analýza vozového parku společnosti MHA 17
1.3.1 Požadavky na vozidla společnosti 18
1.3.2 Současný vozový park společnosti MHA 21
1.3.3 Provozní náklady dodávkových dieselových vozidel 29
1.4 Analýza alternativních pohonů dodávkových vozidel 30
1.4.1 Pohon CNG 30
1.4.2 Elektro pohon 32
1.4.3 Vodíkový pohon 34
1.5 Porovnání emisí CO_2 pro jednotlivá paliva 36
1.6 Shrnutí analýzy současného stavu a analýzy pohonů vozidel 38
2 Návrhy modernizace v oblasti vozového parku 39
2.1 Výběr a parametry dodávkového vozidla s pohonem CNG 39
2.1.1 Iveco Daily CNG 40
2.1.2 Fiat Ducato CNG 44
2.1.3 Návrh plnící stanice pro CNG 45
2.2 Výběr a parametry dodávkového vozidla s elektropohonem 49
2.2.1 Renault Master E – TECH Electric Furgon 49
2.2.2 Fiat E – Ducato 53
2.2.3 Ford E – Transit 55
2.3 Výběr a parametry střední elektro dodávky 59
2.3.1 Peugeot e – Expert 59
2.3.2 Mercedes Benz eVito 61
2.4 Výběr a parametry dodávkového vozidla s vodíkovým pohonem 63
2.4.1 Renault Master HYVIA VAN H_2 TECH 64
2.4.2 Peugeot e – Expert Hydrogen a Opel Vivaro e – Hydrogen 70
2.5 Produkce emisí navrhovaných automobilů s alternativními pohony 73

2.6 Multikriteriální analýza pro výběr vhodného dodávkového vozidla s alternativním pohonem....79
2.7 Vlivy na celkový čas rozvozové trasy po zavedení alternativních pohonů do flotily společnosti 83
3 Zhodnocení navrhovaných alternativních pohonů pro vozový park 91
3.1 Pohon CNG 91
3.2 Elektrický pohon 92
3.3 Vodíkový pohon 93
3.4 Porovnání palivových nákladů alternativních pohonů 93
ZÁVĚR 99
SEZNAM POUŽITÝCH INFORAMČNÍCH ZDROJŮ 101

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Schéma výběru alternativního pohonu dodávkových vozidel....16
Obrázek 2 – Rozměry vozidla Master L3H2P3....22
Obrázek 3 – Rozměry Mastera ve specifikaci L1H1P3....23
Obrázek 4 – Renault Master L3H2 společnosti MHA – boční pohled....24
Obrázek 5 – Renault Master L3H2 společnosti MHA....24
Obrázek 6 – Interiér Mastera a odkládací prostory v interiéru....26
Obrázek 7 – Rozložení nákladu v nákladovém prostoru vozidla....28
Obrázek 8 – Schéma částí vozidla Fiatu Ducato CNG....31
Obrázek 9 – Schéma automobilu VW e – Crafter....34
Obrázek 10 – Schéma vodíkového pohonu v automobilu – FCEV....35
Obrázek 11 – Vzorec pro výpočet CO_2....36
Obrázek 12 – Vývoj ceny CNG od roku 2019 do roku 2022....43
Obrázek 13 – Plnící stanice MJ Variant Plus 15 – 1680....46
Obrázek 14 – Umístění tlakových lahví uvnitř čerpací stanice....46
Obrázek 15 – Uložení kompresorů uvnitř plnící stanice....47
Obrázek 16 – Část fotovoltaické elektrárny společnosti MHA....51
Obrázek 17 – Fiat E – Ducato....55
Obrázek 18 – Ford E – Transit....56
Obrázek 19 – Peugeot e – Expert....61
Obrázek 20 – Mercedes eVito....62
Obrázek 21 – Schéma výroby vodíku elektrolýzou vody....64
Obrázek 22 – Renault Master HYVIA VAN H2 TECH....65
Obrázek 23 – Integrované vodíkové nádrže ve střeše automobilu....66
Obrázek 24 – Schéma částí vozidla Renault Master HYVIA VAN H2 TECH....66
Obrázek 25 – Peugeot e – Expert Hydrogen včetně vodíkové čerpací stanice....70
Obrázek 26 – Podvozková platforma s komponenty vodíkového pohonu Experta....71
Obrázek 27 – Přístrojová deska Peugeota....72
Obrázek 28 – Porovnání emisí CO_2 navrhovaných automobilů....78
Obrázek 29 – Rozvozová trasa dodávkového automobilu....84
Obrázek 30 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv z roku 2019....94
Obrázek 31 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv z roku 2022....94
Obrázek 32 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv k roku 2023....95

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Technické porovnání vozidel specifikace L3H2 19
Tabulka 2 – Technické parametry Mastera L3H2 a L1H1 22
Tabulka 3 – Vybrané provozní náklady dodávkového automobilu společnosti MHA.....29
Tabulka 4 – Výhody a nevýhody pohonu CNG 32
Tabulka 5 – Výhody a nevýhody elektropohonu v dodávkových vozidlech.....33
Tabulka 6 – Výhody a nevýhody vodíkového pohonu 36
Tabulka 7 – Množství CO_2 při spálení litru paliva 36
Tabulka 8 – Porovnání průměrných emisí CO_2 37
Tabulka 9 – Výhody a nevýhody Iveca Daily CNG 40
Tabulka 10 – Porovnání technických parametrů Mastera a Iveca Daily CNG.....41
Tabulka 11 – Porovnání nákladů na pohonné hmoty v roce 2019.....42
Tabulka 12 – Porovnání nákladů na pohonné hmoty v roce 2022.....43
Tabulka 13 – Porovnání nákladů na palivo Ducata CNG a Mastera diesel pro rok 2019 44
Tabulka 14 – Porovnání parametrů Mastera, Iveca Daily CNG a Ducata CNG 44
Tabulka 15 – Parametry stanice MJ Variant Plus 15–1680.....45
Tabulka 16 – Náklady na provoz navrhované soukromé čerpací stanice CNG 48
Tabulka 17 – Technické údaje Mastera E – Tech.....50
Tabulka 18 – porovnání nákladů na palivo Mastera E – Tech a Mastera diesel 52
Tabulka 19 – Úspora za výměnu oleje při provozu elektro dodávek 52
Tabulka 20 – Porovnání technických parametrů Mastera E – Tech a E – Ducata 54
Tabulka 21 – Srovnání technických parametrů elektrických dodávek 57
Tabulka 22 – Porovnání palivových nákladů vozidel za rok 2022.....58
Tabulka 23 – Technické údaje Peugeota e – Expert.....60
Tabulka 24 – Porovnání parametrů eVita a e – Experta.....62
Tabulka 25 – Porovnání nákladů na elektřinu v rámci nabíjení eVita a e – Experta.....63
Tabulka 26 – Technické údaje Mastera Hyvia H2 67
Tabulka 27 – Porovnání nákladů na palivo vodíkového a dieselového Mastera v roce 2023 ..68
Tabulka 28 – Porovnání nákladů na palivo vodíkového a dieselového Mastera v roce 2027 ..68
Tabulka 29 – Úspora za výměnu oleje při provozu vodíkových dodávek.....69
Tabulka 30 – Technické údaje Peugeota e – Expert Hydrogen.....72
Tabulka 31 – Výpočet emisí při nabíjení elektrických dodávek solární elektrárnou 73
Tabulka 32 – Výpočet emisí CO_2 při nabíjení elektrických dodávek.....74

Tabulka 33 – Vyprodukované emise CO_2 při výrobě baterií....75
Tabulka 34 – Vyprodukované emise CO_2 při provozu vozidla....76
Tabulka 35 – Vyprodukované emise CO_2 při výrobě dieselu....77
Tabulka 36 – Produkce emisí CO_2 při výrobě vodíku....77
Tabulka 37 – Celkové shrnutí emisí CO_2 při provozu vozidel....78
Tabulka 38 – Multikriteriální analýza pro vozidla s CNG pohonem....81
Tabulka 39 – Multikriteriální analýza pro vozidla s elektropohonem....82
Tabulka 40 – Multikriteriální analýza pro střední dodávkový automobil s elektro pohonem..83
Tabulka 41 – Plán rozvozové trasy dieselovým dodávkovým vozidlem....86
Tabulka 42 – Plán rozvozové trasy elektrickým dodávkovým vozidlem....87
Tabulka 43 – Plán rozvozové trasy vodíkovým nákladním vozidlem....89
Tabulka 44 – Porovnání variant trasy....89
Tabulka 45 – Palivové náklady pro jednotlivé roky....95
Tabulka 46 – Celkové porovnání vybraných nákladů navrhovaných vozidel pro rok 2022....97
Tabulka 47 – Celkové porovnání vybraných nákladů navrhovaných vozidel pro rok 2023....98

SEZNAM ZKRATEK

ABS	Anti-Lock Brake System – Antiblokovací systém kol vozidla
AC	Alternating Current – Nabíjení střídavým proudem
CNG	Compressed Natural Gas – Stlačený zemní plyn
ČR	Česká republika
DC	Direct Current – Nabíjení stejnosměrným proudem
DCI	Diesel Common-rail Injection – Přímé vstřikování paliva Common-rail
DPF	Diesel Particulate Filter – Filtr pevných částic
EGR	Exhaust gas recirculation – Recirkulace výfukových plynů
ESC	Electronic Stability Control – Elektronický stabilizační systém vozidla
H_2	Hydrogen – Vodík
LNG	Liquefied Natural Gas – Zkapalněný zemní plyn
LPG	Liquefied Petroleum Gas – Ropný zkapalněný plyn
MHA s.r.o.	Společnost MHA, s.r.o.
MTJ	MultiJet – Dieselový motor s přímým vstřikováním paliva Common-rail
SCR	Selective Catalytic Reduction – Selektivní katalytická redukce
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
TDCI	Turbo Diesel Common-rail Injection – Dieselový motor přeplňovaný turbodmychadlem s přímým vstřikem paliva Common-rail
TDI	Turbo Diesel Injection – Dieselový motor přeplňovaný turbodmychadlem s přímým vstřikem paliva
USB	Universal Serial Bus – Univerzální sériová sběrnice
WSA	Weighted Sum Product – Metoda váženého součtu
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure – Metodika pro stanovení spotřeby paliva a dojezdu vozidel

ÚVOD

Diplomová práce je zaměřena na návrh alternativy pohonu současných dieselových užitkových dodávkových vozidel pro společnost MHA, s.r.o. v rámci obnovy firemní flotily vozidel za účelem přizpůsobení a držení kroku s neustále se zvyšujícími nároky na emisní předpisy vozidel. Zařazení alternativních pohonů do flotily je také z důvodu ekologie a šetrnosti k životnímu prostředí a snahy využívat moderní technologie.

Na emise a udržitelnost je v současnosti kladen velký důraz. Nejvíce je soustředěna pozornost na dieselové spalovací motory, které produkují oxidy dusíku a pevné částice. Dieselové motory jsou neustále vybavovány dalšími prvky pro snížení emisí. Nejdříve to byly a stále jsou filtry pevných částic (DPF), ať už ve variantě s aditivy, které se mísí s naftou pro podporu regeneračního procesu filtru, tak ve variantě bez aditiv s přídavným vstřikovacím ventilem taktéž pro vznícení sazí ve štěrbinách filtru. Následně byl do vozidel zaveden systém start-stop, který vypíná motor při delší době stání vozidla, především na křižovatkách. K filtru DPF bylo postupem času přidáno ještě vstřikování AdBlue, tj. roztok, který je pomocí vstřikovacího ventilu rozprašován do výfukového potrubí vozidla za účelem snížení oxidů dusíku.

Opatření ale nespočívají pouze v přidávání dalších emisních prvků (komponentů) do vozidel. Postupně se zavádějí tzv. emisní zóny v centrech měst. Toto omezení se zatím týká pouze zahraničních měst (například v Německu), ale je jen otázkou času, kdy budou zavedena i na území ČR. V případě, že vozidla s dieselovým pohonem nesplňují příslušné emisní normy (v současné době se jedná o normu EURO 6), je jim vjezd do center měst zcela zakázán. Omezení provozu dieselových motorů je především z důvodu produkce oxidů dusíku a pevných částic. Proto jsou do vozidel instalovány systémy pro snižování emisí, které jsou popsány výše. Emisní limity se ale týkají i benzínových spalovacích motorů, některé z nich jsou rovněž opatřeny filtry pevných částic. Automobilová budoucnost je zatím směřována cestou provozu vozidel na alternativní pohony, místo dieselu a benzínu. Z těchto uvedených důvodů je třeba hledat nové alternativy pohonu vozidel (1).

Cílem diplomové práce je nalézt vhodné řešení alternativního pohonu dodávkových vozidel pro společnost MHA s.r.o., kterým by bylo do budoucna možné nahradit či doplnit dosavadní dieselový vozový park, přizpůsobit se legislativním nařízením a splnit tak nová přísnější emisní opatření.

1 Analýza současného stavu vozového parku ve společnosti MHA, s.r.o.

Aby bylo možné navrhnout automobily s alternativními pohony, je třeba nejdříve analyzovat kladené požadavky na vozidla ze strany společnosti. Rovněž je třeba analyzovat dostupné alternativní pohony včetně jejich výhod a nevýhod. Analýza veškerých těchto zmíněných částí je obsahem první kapitoly této diplomové práce.

1.1 Charakteristika společnosti

Společnost MHA byla založena v roce 1992. Její sídlo se nachází v Humpolci, další pobočky má v Praze a v Bratislavě.

Hlavními činnostmi, kterými se společnost zabývá, je outsourcing marketingových služeb se zaměřením na výrobu a distribuci marketingových kampaní do široké obchodní sítě klientů. Společnost se rovněž zabývá velkoformátovým tiskem, vlastní zakázkovou výrobou reklamních předmětů, skladováním a kompletací atypických zásilek včetně vlastní distribuce a komplexním zásobováním kanceláří.

1.2 Úvod do problematiky

Současným často zmiňovaným a diskutovaným tématem je ekologie. Závažným problémem je produkce emisí s negativním dopadem na životní prostředí. Zejména na emise výfukových plynů vozidel je kladen velký důraz, snahou je snížit celkovou uhlíkovou stopu za účelem zlepšení kvality životního prostředí na planetě. Součástí této problematiky jsou dopravní prostředky s klasickými konvenčními spalovacími motory. Jak již bylo zmíněno v úvodu, týká se to především vozidel s dieselovým spalovacím motorem, a to zejména v městském provozu. Z pohledu firem je třeba začít tuto problematiku řešit a připravit se na zpřísňující se emisní opatření za účelem zachování mobility vozového parku do budoucna. Proto se společnosti, které vlastní dopravní prostředky, zabývají otázkou, jakým způsobem budou provozovat vozový park v následujících letech. Dnešní doba je velmi turbulentní, neustále jsou zvyšovány nároky na ekologii a současně jsou vyvíjeny a využívány nové technologie. Ne jinak je to mu i v případě dopravních prostředků. Společnosti se dnes více a více snaží ekologii řešit, chtějí být co nejvíce šetrné k životnímu prostředí a udržet si tak krok se současnými moderními trendy. Toho lze dosáhnout využíváním nových technologií. Z těchto důvodů společnosti investují i do vozového parku a zkoušejí najít nová vhodná řešení z nabídky

alternativních pohonů vozidel, snaží se odlišit od ostatních firem a získat tak konkurenční výhodu.

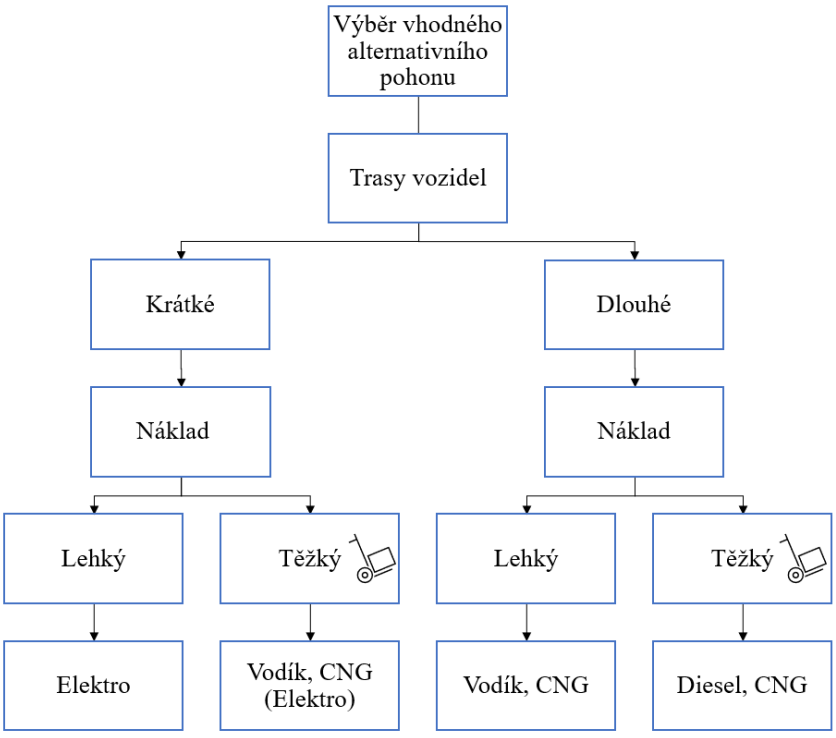
Pokud se společnosti k takovému kroku rozhodnou, musejí si stanovit svoje možnosti a kritéria, za kterých jsou tyto kroky proveditelné. Současně je třeba zjistit, zda dávají smysl z hlediska finančního, realizačního, dále z hlediska rozsahu vozového parku a realizací tras dopravními prostředky, velikosti vozidel a požadavků na vozidla. Od těchto faktorů se odvíjí výběr pohonu pro vozidla.

Kritéria, která mohou ovlivnit výběr vhodného pohonu pro dodávková vozidla:

- Pořizovací cena vozidla
- Hustota a dostupnost servisní sítě pro opravy vozidel
- Rozvozové trasy jednotlivých vozidel – především jejich délka
- Druh nákladu – těžký (palety, role papíru), lehký (krabice, zásilky)
- Objem nákladového prostoru
- Užitečná hmotnost vozidla
- Cena paliva (diesel, el. energie, vodík, CNG)
- Počet čerpacích/ nabíjecích stanic daného pohonu
- Provozní náklady vozidla

Následně jsou jednotlivá kritéria více rozebrána. Pořizovací cena vozidla je důležitá z toho pohledu, kolik je společnost ochotna zaplatit, respektive kolik finančních prostředků může do vozidla investovat. Tím může být značně ovlivněn výběr pohonů, které připadají do úvahy. Například pořizovací cena vozidla s vodíkovým pohonem bude vyšší, než u vozidla s pohonem CNG či dieselu. Dalším kritériem pro společnosti při rozhodování může být hustota servisní sítě vozidel dané značky. Pokud bude k dispozici pouze několik málo servisů pro daný pohon, mohou nastat komplikace při provozu vozidla. Důležitým faktorem jsou jednotlivé trasy vozidel, které automobily obsluhují. Pro společnosti, které rozvážejí zásilky v městském či příměstském prostředí se nabízí elektrický pohon, který je pro tyto účely vhodnější než pohon dieselový. Elektrický pohon není vhodný na delší vzdálenosti z toho důvodu, že má zatím nízký dojezd a cesta by se tak prodlužovala stáním na nabíjecí stanici. CNG pohon pak může být využit jak pro městské jízdy, tak pro delší trasy vozidel. Při výběru pohonu je také třeba zohlednit náklad, který bude vozidlem převážen. Pro těžký náklad v podobě europalet není taktéž vhodný elektropohon, protože elektrická vozidla mají jednak sníženou užitečnou hmotnost a také by docházelo ke značnému snížení dojezdu vozidla vlivem těžkého nákladu.

Pro společnosti jsou také důležité ceny pohonných hmot, které se v současné době často mění a dosahují cenových rekordů. Došlo ke zdražení jak dieselu, benzínu, tak i CNG nebo kapaliny AdBlue. Nicméně lze předpokládat, že do budoucna se ceny pohonných hmot stabilizují a budou opět přijatelnější, čímž by došlo ke snížení nákladů na provoz vozidla. V rámci výběru alternativního pohonu je také třeba zohlednit počet čerpacích, respektive nabíjecích stanic. Jejich počet se neustále zvyšuje, což určitě do budoucna směřuje k rozšíření využití těchto pohonů. Počet dobíjecích a vodíkových stanic je potom uveden dále v této diplomové práci. Problém v ČR nastává u vodíkových pohonů, protože počet vodíkových čerpacích stanic je v současnosti nedostačující, ale postupně dochází k budování nových vodíkových stanic. Posledním zmíněným kritériem jsou náklady na provoz vozidla. Ty jsou pro každý druh pohonu a výrobce vozidla odlišné. Zahrnují povinné ručení, havarijní pojištění, servis vozidla, technickou a emisní kontrolu a pneumatiky. Na obrázku 1 je schéma výběru vhodného alternativního pohonu podle délky tras a hmotnosti nákladu.



Zdroj: Autor

Obrázek 1 – Schéma výběru alternativního pohonu dodávkových vozidel

Krátkými trasami je myšlena obsluha zákazníků ve vzdálenosti přibližně 50 – 100 km od depa, odkud vozidlo každé ráno vyjíždí na rozvozovou trasu. Typickým příkladem jsou kurýrní společnosti, které se zabývají rozvozem zásilek po městě a přilehlém okolí. Jejich rozvoz je specifický tím, že na krátké vzdálenosti mají mnoho zastávek a většinou převážejí

zásilky menších rozměrů. Převážně se jedná o krabice, se kterými si při nakládce a vykládce s manipulací poradí sám řidič vozidla bez manipulační techniky. Pro tyto účely je dle schématu ideální volbou dodávka s elektrickým pohonem. V případě, že je třeba na krátkou vzdálenost přepravit vozidlem těžší náklad, například čtyři plně ložené europalety, elektropohon už není ideální volbou. Důvodem je nižší užitečná hmotnost vozidla a s těžším nákladem klesá také jeho dojezd. Pro tyto účely bude výhodnější volbou vodíkový pohon či CNG. Elektropohon by pro těžší náklad mohl být využit v případě, kdy je třeba vozit těžký náklad (palety), ale vozidlo není plně vytížené, tzn. že přepravuje např. jednu nebo dvě palety.

Za dlouhé trasy je považován rozvoz zásilek po celé České republice, kdy vozidlo najede několik stovek kilometrů během jednoho dne v rámci rozvozové trasy. Podle schématu už v tomto případě není zařazen elektropohon, který v současné době na tyto účely ztrácí smysl, jelikož během takovéto vytíženosti by musel řidič vozidla několikrát za den dobíjet akumulátor. To prodlužuje časovou náročnost trasy. Proto zde bude výhodnější zvolit pohon vodíkový či CNG. Na dlouhé trasy a těžký náklad je stále vhodný dieselový pohon nebo pohon CNG.

Před zavedením nového pohonu do celé vozidlové flotily je rozumné nejdříve si zapůjčit, případně pořídit jedno vozidlo, to následně otestovat v potřebném režimu a podmínkách ještě během doby, kdy jezdí dieselová auta. Když v rámci testování splní nejdůležitější parametry a nároky, je následně možné ho postupně zařazovat do stálého vozového parku. Předejde se tak tomu, že vozidlo nebude vyhovovat provozu a podmínkám dané společnosti.

1.3 Analýza vozového parku společnosti MHA

Vlastní vozový park společnost MHA využívá pro rozvoz svých produktů nebo produktů od externích dodavatelů k zákazníkům po celém území České republiky. Vozidla jsou také využívána pro svoz odpadu od zákazníků, např. použitých tonerových kazet a dokumentů určených k likvidaci. V rámci vytížení zpátečních jízd z rozvozových tras přepravují materiál pro výrobu nových produktů. Vozidla společnosti MHA dosahují dlouhé životnosti díky pravidelnému servisu a údržbě. Na základě toho dodávky běžně dosahují nájezdu přes 600 000 km a následně jsou ještě prodány dalším majitelům.

Společnost MHA vlastní dodávková vozidla již od počátku svého působení na trhu. Zprvu to byla ojetá vozidla od různých výrobců. Jednalo se o vozidla Ford Transit první generace, Peugeot Boxer či Fiat Ducato. Postupem času byl vozový park obnovován

a rozšiřován vozidly Renault Master. Automobily tohoto výrobce využívá společnost až dodnes, tudíž má vyzkoušené zatím všechny dosavadní modelové řady tohoto vozidla.

Dodávky společnosti patří do kategorie vozidel N, tj. kategorie pro motorová vozidla, která jsou konstruována a vyrobena pro přepravu nákladu. Tato kategorie obsahuje ještě další podkategorie, v tomto případě jde o podkategorii N1 pro vozidla s maximální hmotností do 3,5 tuny. Tato vozidla nepodléhají placení výkonového zpoplatnění pozemních komunikací a pro jejich řízení postačuje řidičské oprávnění skupiny B (1).

1.3.1 Požadavky na vozidla společnosti

Při výběru vozidla je důležité, aby si společnost stanovila kritéria, která by mělo vozidlo(a) splňovat, aby maximálně vyhovovalo daným účelům a bylo schopné co nejvíce plnit svou funkci. Je také třeba zohlednit i udržitelnost ceny ojetého vozidla na trhu při jeho následném prodeji, kdy u vozidel různých značek může vzniknout cenový rozdíl v řádu desetitisíců korun. Nyní jsou zde rozebrány požadavky na vozidla z pohledu společnosti MHA. Společnost nemá stanoveny prioritní parametry, ale jde o celkové shrnutí několika technických parametrů vozidla. Těmi jsou spotřeba pohonných hmot, pohon přední nápravy, dostupnost servisu z depa Humpolec, objem nákladového prostoru, užitečná hmotnost, pořizovací cena a zůstatková hodnota ojetého vozidla při následném prodeji.

Z hlediska objemu nákladového prostoru je pro společnost důležitá specifikace vozidla L3H2P3. Toto označení udává délku nákladového prostoru vozidla (parametr L) a výšku nákladového prostoru vozidla (parametr H). Užitečné zatížení je některými výrobci označováno parametrem P(1-3), přičemž P3 je nejvyšší užitečné zatížení. V tomto případě se obecně jedná o vozidlo se střední délkou karoserie, střední výškou karoserie a nejvyšší užitečnou hmotností. U jednotlivých výrobců vozidel se tyto rozměry liší. Pro společnost je důležitá především délka nákladového prostoru, která by měla být minimálně 3,4 metru. Dalším hlediskem je výška nákladového prostoru, ta je však u některých výrobců vozidel ovlivněna délkou karoserie, tzn. že například Renault Master nelze koupit s nejkratším rozvorem náprav ve střední specifikaci výšky střechy. Výška by ale neměla být zbytečně předimenzována, protože by nákladový prostor nebyl plně využit. Vyšší karoserie má negativní vliv na spotřebu paliva a také jízdní vlastnosti vozidla. Jedním z parametrů je šířka bočních posuvných dveří, která je požadována co největší, aby bylo možné z boční strany vozidla pohodlně nakládat europalety vysokozdvižným vozíkem. Následujícím parametrem je délka zadního převisu karoserie za zadní nápravou, která je obecně požadována co nejkratší, aby naložený náklad nebyl za zadní

nápravou. Předposledním kritériem je umístění servisního centra, ideálně přímo v Humpolci. Zásadním kritériem je pořizovací cena nového vozidla, jež by neměla přesáhnout hranici 900 000 Kč bez DPH pro dieselovou variantu. V tabulce 1 je porovnání vozidel specifikace L3H2.

Technické porovnání vozidel

Tabulka 1 – Technické porovnání vozidel specifikace L3H2

Parametry/ vozidla	**Renault Master L3H2**	**Fiat Ducato L3H2**	**Ford Transit L3H2**	**VW Crafter skříň 35**
Motorizace				
Označení:	2.3 DCI	2.2 MTJ	2.0 TDCI	2.0 TDI
Palivo:	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Výkon [kW]:	100	103	96	103
Točivý moment [Nm]:	360	350	350	340
Převodovka:	Manuální	Manuální	Manuální	Manuální
Rozměry karoserie vozidla				
Celková délka [mm]:	6 198	5 998	5 981	6 836
Šířka včetně zrcátek [mm]:	2 470	2 437	2 474	2 427
Rozvor náprav [mm]:	4 332	4 035	3 750	4 490
Celková výška [mm]:	2 502	2 525	2 547	2 590
Zadní převis [mm]:	869	1 015	1 208	1 346
Rozměry nákladového prostoru vozidla				
Délka [mm]:	3 733	3 705	3 494	4 300
Výška [mm]:	1 894	1 932	1 886	1 961
Výška bočních dveří [mm]:	1 780	1 790	1 600	1 822
Objem [m^3]:	13	13	11,5	14,4
Hmotnosti vozidla				
Užitečné zatížení [kg]:	1 434	1 525	1 405	1 339
Provozní hmotnost [kg]:	2 066	1 975	2 095	2 161
Celková hmotnost [kg]:	3 500	3 500	3 500	3 500
Počet europalet:	5	4	4	6
Šířka bočních dveří [mm]:	1 270	1 250	1 300	1 311
Servisní centrum				
Město:	Humpolec	Humpolec Rozkoš	Pelhřimov	Jihlava
Základní pořizovací cena vozidla				
Cena bez DPH [Kč]:	788 000	832 900	1 068 655	1 006 608

Zdroj: Autor na podkladě (2, 3, 4, 5, 6, 7)

Z aktuální nabídky vozidel na trhu, která splňují specifikaci L3H2, je možné do porovnání zahrnout vozidla Renault Master, Fiat Ducato, Ford Transit, Citroen Jumper či Peugeot Boxer. Jelikož Ducato, Boxer a Jumper jsou podobná vozidla různých výrobců se stejným technickým základem platformy vozidla, tak do srovnání bylo zařazeno pouze jedno z nich, a to Fiat. Volkswagen Crafter požadovanou specifikaci nenabízí, proto byla do srovnání zvolena varianta nejbližší specifikaci L3H2 s označením velikosti skříně 35. Tato varianta je popsána samostatně (2, 3 ,4, 5, 6, 7).

Ze srovnání technických parametrů vozidel v tabulce 1 vyplývá, že všechna vozidla mají srovnatelný výkon motoru. Rozdíl nastává v rozměrech karoserií. Ačkoliv výrobci vozidel používají stejné označení karoserie L3H2, tak velikost nákladového prostoru není u všech vozidel stejná. Ve všech důležitých rozměrových parametrech vítězí Renault Master. Oproti konkurentům má největší celkovou délku, nejdelší rozvor náprav, nejmenší převis karoserie za zadní nápravou, nejdelší nákladový prostor a zároveň nejnižší karoserii. Kde však Master ztrácí na Ducato, je výška posuvných dveří. Rozdíl je pouhých 10 mm, což lze považovat za zanedbatelnou hodnotu. Transit má oproti Masteru o 30 mm širší boční posuvné dveře, nicméně to není rozhodující parametr. Objem nákladového prostoru má Master i Ducato stejný, činí 13m^3, a to i přesto, že je Fiat kratší. Je to z důvodu vyšší karoserie Ducata oproti Masteru. Jak již bylo zmíněno, vyšší karoserii společnost nevyužije. Rozdíl je v nosnosti vozidel, kterou má Ducato o 91 kilogramů vyšší než Master. Následuje objem nákladového prostoru, který by měl být přibližně alespoň 12 m^3. Celková hmotnost je u všech vozidel stejná, tj. 3 500 kg. Podmínkou společnosti je také dostupnost servisního centra co nejblíže od jejího sídla. Servisní středisko Renaultu a Peugeotu se nachází přímo v Humpolci v docházkové zóně od sídla společnosti. Servis Fiatu je za Humpolcem v místní části Rozkoš. To je přibližně čtyři kilometry od sídla společnosti, nicméně i tak je časově náročnější vozidlo odvézt do servisu a vrátit se zpět do sídla společnosti. Nejbližší servis pro Ford je v Pelhřimově, vzdáleném přibližně 15 kilometrů od Humpolce. V rámci technického srovnání vozidel bylo zjištěno, že v důležitých parametrech vítězí Renault Master, a to je důvodem, proč společnost využívá právě tato vozidla. Volba vhodné specifikace je důležitá i z pohledu ztráty ceny vozidla. Specifikace L3H2 je v segmentu dodávkových vozidel žádaná, proto si tato vozidla na trhu drží cenu i po několika letech provozu. Jiné to je například u specifikace L2H2, která obecně není na vozidlovém trhu tolik poptávána.

Vozidlo Volkswagen Crafter nelze přímo srovnávat s ostatními vozidly, protože se jedná o větší rozměrovou specifikaci. Z porovnávaných vozidel má největší nákladový prostor,

což je dáno největší velikostí karoserie a díky tomu pojme největší počet europalet, tj. 6. Crafter je ve stejné cenové relaci s Fordem Transit, základní pořizovací cena činí 1 006 608 Kč bez DPH. Oproti Fordu ale Crafter nabízí výrazně lepší parametry týkající se nákladového prostoru. Vozidlo Volkswagen Crafter zatím pro společnost nepřipadá do úvahy především z důvodu vzdáleného servisního centra, které se nachází v Jihlavě, přibližně 35 km od Humpolce. To by pro společnost znamenalo vyšší časovou náročnost. Rovněž by se zvýšilo spotřebované množství paliva, což je proti dnešnímu trendu snižovat uhlíkovou stopu. Zároveň by také došlo ke snížení využitelnosti vozidla z hlediska počtu najetých kilometrů s nákladem, protože tyto trasy by byly realizovány bez nákladu. Kdyby do budoucna byl servis umístěn v lepší dostupnosti společnosti, mohlo by být toto vozidlo pro společnost zajímavou volbou i přes vyšší pořizovací cenu, protože odveze větší množství nákladu, má lepší technické zpracování a nabízí větší pohodlí v kabině řidiče (7).

Výbavové porovnání vozidel

Z hlediska standardní výbavy je na tom Master a Ducato podobně, obě vozidla mají systém ESC, asistent rozjezdu do kopce, airbag řidiče, centrální zamykání, denní svícení, elektricky ovládaná okna a zrcátka a upevňovací oka v nákladovém prostoru. Master je oproti Ducatu navíc vybaven ještě dešťovým a světelným senzorem a částečným obložením nákladového prostoru. Bohužel ani jedno z těchto vozidel nemá ve standardu autorádio ani klimatizaci, tato výbava je za příplatek. Ford Transit má v základní výbavě stejné prvky jako Master a Ducato, navíc má ještě tempomat, klimatizaci, asistent jízdy v pruzích, vyhřívané čelní sklo, přední a zadní parkovací senzory a autorádio. Jak již bylo zmíněno, odpovídá tomu i vyšší pořizovací cena Transita (2, 3, 4, 6).

1.3.2 Současný vozový park společnosti MHA

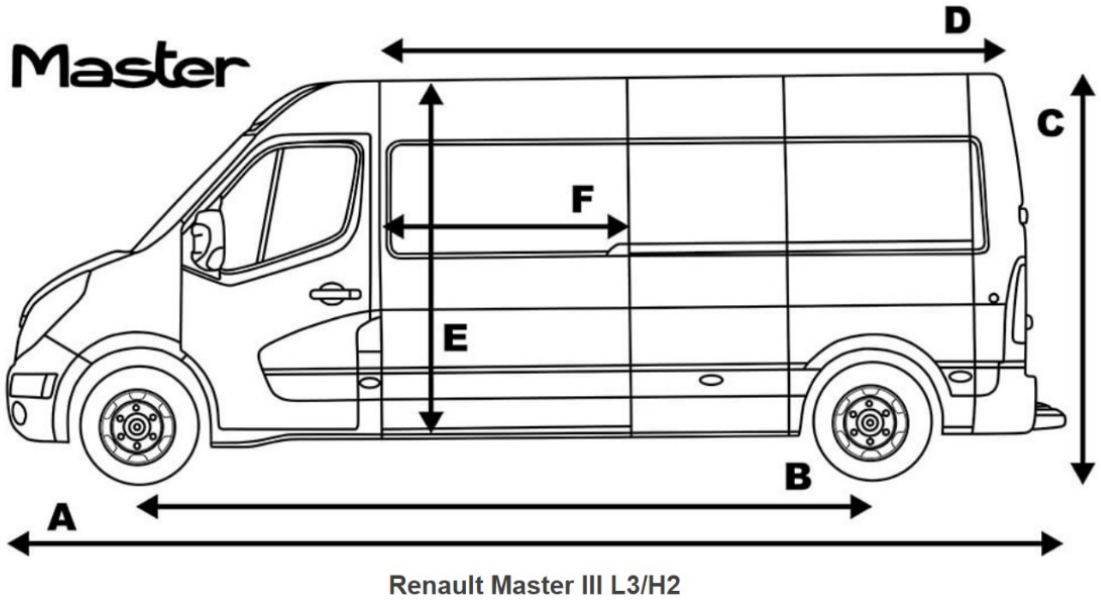
Vozový park v současné době tvoří celkem třináct dodávkových automobilů dvou různých velikostí. Jedenáct vozidel je od výrobce Renault s modelovým označením Master III. generace, jedno od výrobce Opel typu Movano a poslední automobil je značky Nissan s označením NV400. I přesto, že jsou vozidla od různých výrobců, mají stejný technický základ a liší se pouze v detailech. Jedenáct dodávek má parametry L3H2P3, další dvě mají parametry L1H1P3. Technické parametry dodávek společnosti jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 – Technické parametry Mastera L3H2 a L1H1

Parametry/vozidla:	Renault Master L3H2	Renault Master L1H1
Počet vozidel:	11	2
Motorizace:	2.3 DCI 100 kW	2.3 DCI 100 kW
Palivo:	Diesel	Diesel
Točivý moment [Nm]:	360	360
Převodovka:	Manuální	Manuální
Pohon nápravy:	Přední	Přední
Průměrná spotřeba paliva/ 100 km [l]:	9,4	9,4
Objem palivové nádrže [l]:	80	80
Objem nádrže AdBlue [l]:	28	28
Emisní norma:	Euro 5 (6)	Euro 5 (6)
Užitečné zatížení [kg]:	1 434	1 623
Celková hmotnost [kg]:	3 500	3 500

Zdroj: Autor na podkladě (6)

Obrázek 2 znázorňuje schéma přesných rozměrů Mastera L3H2.



Renault Master III L3/H2

A – Celková délka; B – Rozvor náprav; C – Celková výška; D – Délka nákladového prostoru; E – Výška posuvných dveří; F – Šířka posuvných dveří

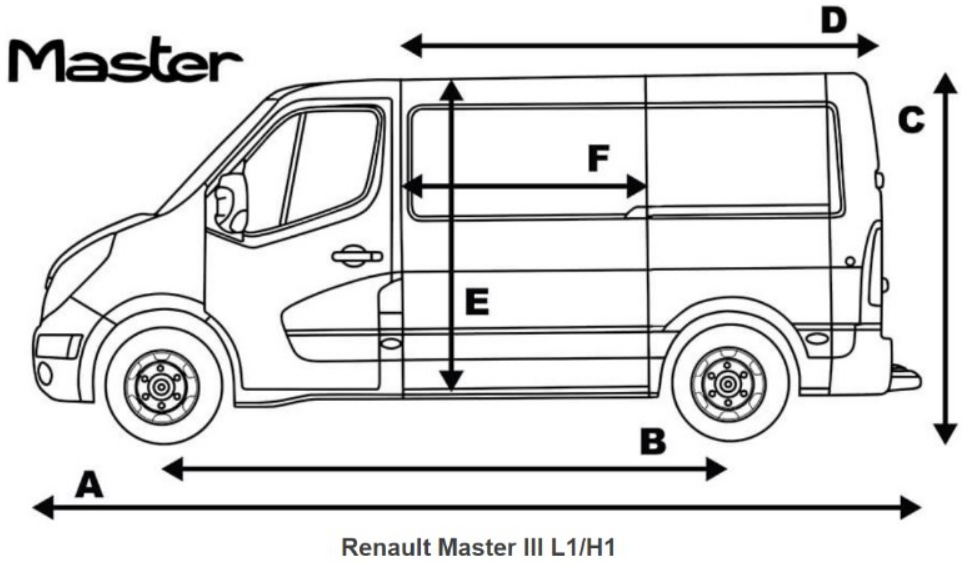
Symbol	A	B	C	D	E	F
Rozměr [mm]	6 198	4 332	2 502	3 733	1 780	1 270

Zdroj: (8)

Obrázek 2 – Rozměry vozidla Master L3H2P3

Z obrázků 2 a 3 je patrné umístění kol přední a zadní nápravy v rozích karoserie tak, že vznikají minimální převisy karoserie vpředu a vzadu. To je výhoda zejména pro zadní převis karoserie, kdy poslední pátá ložená paleta je umístěna nad nápravou, a ne až za ní. Náklad je tudíž možné rovnoměrně rozložit po celém nákladovém prostoru vozidla a nedochází k nadměrnému zatěžování zadní části vozidla a následnému odlehčení přední části vozidla. Výhoda spočívá také v tom, že vozidlo může vozit těžší náklad. Toto uzpůsobení má kladné dopady na jízdní vlastnosti vozidla, které jsou v tomto případě lepší oproti vozidlům s delším zadním převisem karoserie, a to je výhodou.

Obrázek 3 znázorňuje schéma přesných rozměrů Mastera L1H1.



A – Celková délka; B – Rozvor náprav; C – Celková výška; D – Délka nákladového prostoru; E – Výška posuvných dveří; F – Šířka posuvných dveří

Symbol	A	B	C	D	E	F
Rozměr [mm]	5 048	3 182	2 303	2 583	1 581	1 050

Zdroj: (8)

Obrázek 3 – Rozměry Mastera ve specifikaci L1H1P3

Jedno ze zánovních vozidel společnosti MHA verze L3H2 v šedé barvě karoserie je na obrázcích 4 a 5.

Zdroj: Autor

Obrázek 4 – Renault Master L3H2 společnosti MHA – boční pohled

Zdroj: Autor

Obrázek 5 – Renault Master L3H2 společnosti MHA

Důvodem volby dodávek od Renaultu jsou rozměry, ale i osvědčení těchto vozidel v provozu. Master pro společnost vyniká oproti ostatním vozidlům technickými parametry, technickým zpracováním vozidel, spolehlivostí pohonné jednotky, životností, antikorozní ochranou karoserie, uspořádáním ovládacích prvků v kabině řidiče a ergonomií sedadel. Protože řidič tráví ve vozidle mnoho času, je důležité, aby se v kabině cítil pohodlně, bezpečně a základní funkce byly jednoduše ovladatelné. Master je pro řidiče společnosti uživatelsky přívětivý, má mnoho odkládacích prostor v kabině (obrázek 6), držák na nápoje, úložný prostor pod sedadlem spolujezdce i prostor na přenosný počítač. Vozidla jsou vybavena běžnými standardními prvky, jako je centrální dálkové zamykání vozidla, rádio s Bluetooth a USB konektivitou, manuálně ovládaná klimatizace, elektricky ovládaná okna, zásuvka pro nabíjení mobilního telefonu, případně pro napájení navigace, mlhové světlomety, denní svícení, tempomat, dešťový senzor, palubní počítač, zadní parkovací senzory, dále to jsou loketní opěrky, klimatizovaná odkládací přihrádka a gumové koberce. Z aktivní a pasivní bezpečnosti mají vozidla systém ABS, elektronický stabilizační systém ESC a airbag řidiče. Aktivní bezpečností se rozumí takové systémy, které pomáhají předejít dopravním nehodám na pozemních komunikacích. Prvky pasivní bezpečnosti slouží až v případě dopravní nehody. Jejich cílem je minimalizovat následky střetu. Patří sem bezpečná konstrukce karoserie, opěrka hlavy, bezpečností pásy a airbagy. Vozidla společnosti nejsou vybavena asistentem držení vozidla v jízdním pruhu a hlídáním mrtvého úhlu. Tyto prvky se v současné době zařazují do standardní výbavy vozidel a mají za úkol předcházet krizovým situacím na pozemních komunikacích. Vozidla společnosti jezdí převážně po dálnicích, a proto je na zvážení, zda je nezařadit do požadované výbavy vozidla. Kabina řidiče je od nákladového prostoru oddělena ocelovou přepážkou bez okna. Podlaha nákladového prostoru je chráněna voděodolnou protiskluzovou překližkou o tloušťce 12 mm, ve které jsou integrována upevňovací oka pro zajištění přepravovaného nákladu. Dřevěnou výplní jsou chráněny i vnitřní bočnice nákladového prostoru a nechybí v něm ani osvětlení. Z exteriérového hlediska má část vozidel světle modrou barvou karoserie, která je postupně nahrazována barvou šedou. Důvodem je změna firemní barvy.

Zdroj: (9) s úpravou autora

Obrázek 6 – Interiér Mastera a odkládací prostory v interiéru

Vozidla mají pohon přední nápravy a jsou poháněna dieselovým spalovacím motorem o objemu 2 298 cm^3 s přímým vstřikováním paliva Common–rail. Mají 6-ti stupňovou manuální převodovku. Přední pohon je v tomto případě důležitý z důvodu, že společnost má hlavní sídlo na Vysočině, kde jsou náročnější klimatické podmínky a zejména v zimních měsících je na pozemních komunikacích sněhová pokrývka nebo náledí. Do těchto podmínek je určitě přední pohon výhodnější, zejména v případě, že vozidla nejsou dostatečně zatížena.

Z hlediska emisních limitů jedenáct vozidel splňuje emisní normu Euro 5 a to za pomoci filtru pevných částic (označovaným jako DPF), který je umístěn ve výfukovém potrubí. Dvě vozidla jsou zánovní a splňují emisní normu Euro 6. Tyto dodávky mají kromě filtru pevných částic navíc ještě systém vstřikování kapaliny AdBlue a katalyzátory pro selektivně katalytickou redukci. Hlavním cílem DPF je snížit obsah pevných částic oxidů dusíku ve výfukových plynech dieselových motorů. Při vyšším kilometrovém nájezdu nebo technické závadě na vozidle dochází k postupnému zanášení filtru sazemi. Jakmile je filtr zcela zaplněn, je třeba ho nechat odborně vyčistit, případně vyměnit za nový, což je finančně nákladné. Cena nového filtru se pohybuje v řádech desítek tisíc korun. Systém SCR (selektivní katalytická redukce) je nadstavba filtru pevných částic v rámci plnění emisních norem vozidel. Systém funguje na principu vstřikování kapaliny AdBlue do výfukového potrubí, kde se pomocí chemické reakce přemění na čpavek. Ten potom umožňuje v selektivním katalyzátoru

redukovat oxidy dusíku na dusík a vodu. Jednotlivé komponenty tohoto systému jsou taktéž velmi nákladné, řádově se jedná o desítky tisíc korun. Vozidla, která jsou vybavena těmito zařízeními vyžadují častější kontrolu technického stavu motoru, např. správnou funkci termostatu chladící kapaliny, funkci EGR ventilu nebo správnou specifikaci motorového oleje. I nesprávná funkce termostatu chladící kapaliny způsobuje problémy se zmiňovanými zařízeními pro snížení emisí.

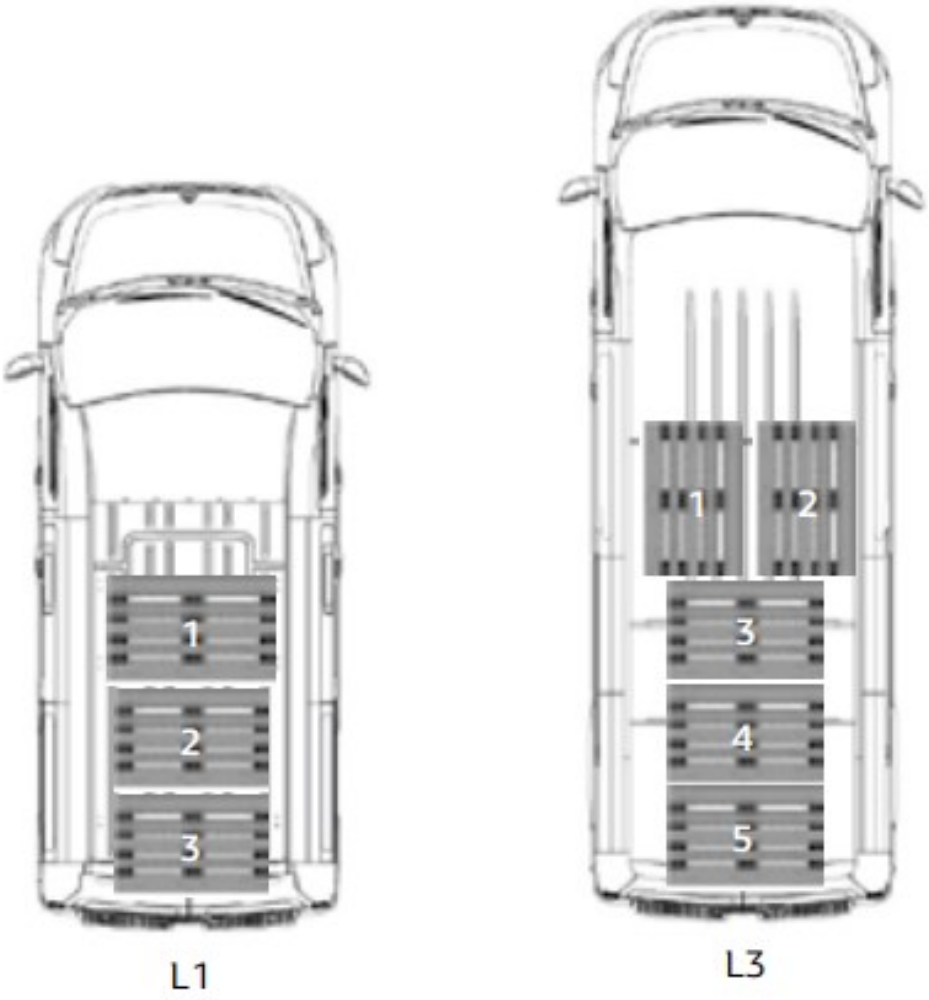
Mezi hlavní alternativní pohony patří stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněný zemní plyn (LPG), vodík či elektropohon (10).

U užitkových vozidel je situace s alternativními pohony složitější než u vozidel osobních. Například u elektrických dodávkových vozidel je zmenšen objem nákladového prostoru a také snížena nosnost vozidel tím, že v podlaze jsou umístěny akumulátory pro napájení elektromotorů. U automobilů s pohonem na CNG jsou to tlakové nádoby na plyn. Vzhledem k tomu, že všechna vozidla společnosti jsou poháněna dieselovým motorem, je na zvážení, zda do flotily během obnovy vozového parku nezařadit právě i zmiňované alternativní pohony za účelem snížit emise výfukových plynů a tím i uhlíkovou stopu a zároveň vlastnit moderní vozový park s novými technologiemi (10).

Základním předpokladem pro úsporu paliva a tím i snížení emisí je dobrý technický stav vozidla, především pak kondice motorových částí jako je těsnost vstřikovacích ventilů, funkce termostatu chladící kapaliny, turbodmychadla, EGR ventilu či filtru pevných částic. Správná funkčnost těchto součástí má vliv na optimální spalování paliva. Spotřebu ovlivňuje také správný tlak v pneumatikách, který by měl odpovídat předpisům výrobce podle zatížení vozidla. Důležitým faktorem je také jízdní styl řidiče, zda řidič jezdí stylem defenzivní či ofenzivní jízdy. Řidiči společnosti pravidelně absolvují školení o hospodárné jízdě.

Pozornost je třeba věnovat i ložení nákladu v nákladovém prostoru vozidla, a to ze dvou hledisek. Prvním hlediskem je maximální možné zachování bezpečnosti a hlediskem druhým je poškozování částí vozidla. V rámci bezpečnosti je důležité, aby byl náklad zajištěn proti volnému pohybu především při akceleraci či deceleraci vozidla. Mohlo by být ohroženo zdraví řidiče vozidla i ostatních účastníků silničního provozu. Výhodou dodávkových automobilů je oddělení nákladového prostoru od kabiny řidiče ocelovou dělící přepážkou, která riziko nebezpečí pro řidiče částečně snižuje. Kromě ohrožení zdraví může také dojít k poničení konstrukce vozidla, čímž mohou vzniknout značné finanční škody. Proto je třeba upevnit náklad tak, aby jízda byla co nejvíce bezpečná. Vozidla společnosti mají na podlaze

nákladového prostoru protiskluzovou dřevěnou překližku, která riziko posunu nákladu snižuje. Je možné využít i gumové protiskluzové podložky, které se umisťují mezi podlahu vozidla a samotný náklad. Dalšími často používanými upevňovacími prostředky jsou textilní popruhy s napínacími ráčnami nebo textilní pavouky. Náklad je třeba rozmístit co nejvíce rovnoměrně po celé ložné ploše nákladového prostoru vozidla, tak aby se hmotnost nákladu rovnoměrně rozložila na nosné části automobilu. Je známo takové pravidlo, že pokud je to možné, nejtěžší náklad se umisťuje nad nápravu vozidla, kde nedochází k nadměrnému zatěžování karoserie vozidla. Při nerovnoměrném rozložení nákladu může být jedna ze stran vozidla nakloněna více jedním směrem, tím může nastat nerovnoměrný účinek brzd, a také docházet k většímu opotřebení například tlumicích jednotek podvozku, brzdových součástí a pneumatik, které se budou nerovnoměrně opotřebovávat. Vozidlo se také bude jinak chovat při průjezdu zatáčkami. Na obrázku 7 je znázorněn příklad rozložení palet pro vozidla různých specifikací.



Zdroj: (6)

Obrázek 7 – Rozložení nákladu v nákladovém prostoru vozidla

1.3.3 Provozní náklady dodávkových dieselových vozidel

V rámci provozu vozidel je třeba hradit náklady spojené s provozem. Jedná se o náklady závislé na počtu ujetých kilometrů a časovém období (rok):

- Spotřeba pohonných hmot
- Spotřeba AdBlue
- Časové zpoplatnění pozemních komunikací – dálniční známka
- Povinné ručení + havarijní pojištění
- Technická + emisní kontrola vozidel

Tyto náklady jsou vyčísleny vždy pro jedno vozidlo v tabulce 3.

Tabulka 3 – Vybrané provozní náklady dodávkového automobilu společnosti MHA

Údaje/vozidlo	**Master diesel**
Spotřeba paliva na 100 km	9,4 l/100 km
Průměrná cena paliva za rok 2022 v Kč bez DPH	34,54 Kč/l
Roční nájezd	65 000 km
Palivové náklady na palivo za rok	211 039 Kč/vozidlo
Palivové náklady na 1 km	3,25 Kč/km
Ujetá vzdálenost za 1 000 Kč	308 km
Spotřeba AdBlue	126 l/65 000 km/vozidlo
Cena AdBlue v Kč bez DPH	206 Kč/ 10 l
Cena za Adblue celkem v Kč bez DPH	2 678 Kč/vozidlo
Technická + emisní kontrola v Kč bez DPH	1 447 Kč/vozidlo/ 2 roky
Dálniční známka v Kč bez DPH	1 240 Kč/vozidlo/rok

Zdroj: Autor na podkladě MHA, s.r.o. a (11, 12, 13, 14, 15)

Průměrná spotřeba paliva vozidla je 9,4 litru nafty na 100 km. Průměrný roční nájezd vozidla je 65 000 km. Průměrná cena nafty za rok 2022 činí 34,54 Kč/l bez DPH. Cenu paliva za kilometr je možné získat vynásobením spotřeby paliva a průměrnou cenou paliva za rok 2022 a tento součin následně vydělit 100, jelikož spotřeba paliva je udávána na 100 km. Při ročním nájezdu 65 000 km pak finanční částka za palivo činí zhruba 211 039 Kč bez DPH pro jedno vozidlo. Roční spotřeba paliva je přibližně 6 110 litrů, tj. zhruba 77 palivových nádrží vozidla. Spotřeba kapaliny AdBlue jednoho vozidla je 126 litrů na 65 000 km, tj. přibližně 5 spotřebovaných nádrží kapaliny za rok. Finanční částka za AdBlue za rok pro jedno vozidlo

činí cca 2 678 Kč bez DPH. Roční dálniční známka pro jedno dieselové vozidlo stojí 1 240 Kč bez DPH. Technická a emisní kontrola vyjde dohromady na 1 447 Kč bez DPH na stanici v Humpolci. Ceny povinného ručení a havarijního pojištění nebyly zjištěny (11, 12, 13, 14, 15).

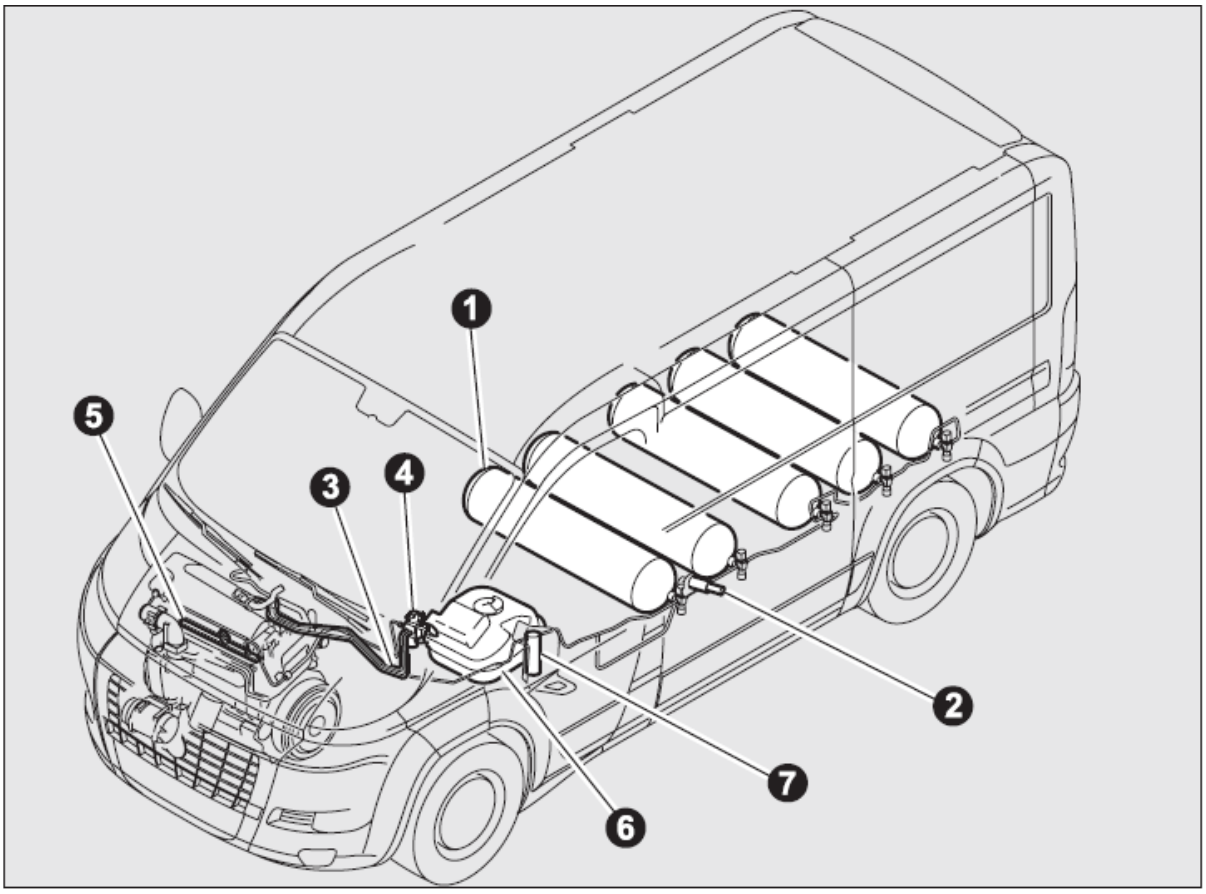
1.4 Analýza alternativních pohonů dodávkových vozidel

V této podkapitole jsou detailněji popsány jednotlivé alternativní pohony, které je možné využít v dodávkových vozidlech. Jak již bylo zmíněno, mezi alternativní pohony k benzínu a naftě patří LPG, CNG, elektrický pohon a vodíkové palivové články. Ovšem pro užitková dodávková vozidla je možnost alternativních pohonů oproti osobním vozidlům omezená. Například pohon LPG není k dispozici, protože se toto řešení používá především v kombinaci se spalováním benzínu a benzínové motory se v dodávkových vozidlech využívají jen zřídka. Z tohoto důvodu není LPG více rozebírán. U elektrického pohonu osobních vozidel se využívají ještě další varianty tohoto pohonu. Jsou to hybridní vozidla používající kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru. Tento druh vozidel nelze nabíjet ze zásuvky. Dalším typem jsou plug-in hybridní vozidla, která lze nabíjet ze zásuvky. Jednou z možností jsou mild - hybridní vozidla, které neumožňují jízdu čistě na elektřinu. Poslední variantou jsou plně elektrická vozidla (10).

1.4.1 Pohon CNG

Zkratka CNG neboli (Compressed Natural Gas) označuje stlačený zemní plyn. Ten je ekologičtější alternativou k dieselu případně benzínu, protože obsahuje o čtvrtinu méně uhlíku. Vozidla s tímto pohonem mají nižší emise, především nižší podíl oxidů dusíku, pevných částic a oxidu uhelnatého. Na snížení těchto látek je kladen velký důraz. Původně bylo CNG levnějším palivem oproti naftě a benzínu, to v současné době neplatí, ale do budoucna lze opět očekávat snížení cen plynu. V rámci využívání zemního plynu v automobilech je třeba do vozidla umístit speciální zásobníky plynu a upravit vstřikovací systém. Existují dvě varianty využívání zemního plynu v automobilech. První je již zmíněná stlačená forma plynu (CNG), druhá varianta využívá zkapalněného plynu (LNG). V nabídce dodávkových vozidel je dostupná zatím pouze varianta na CNG. Vozidla na CNG zároveň umožnují spalovat i benzín za účelem prodloužení dojezdu vozidla. Tato vozidla mají dvě oddělené nádrže. Každá nádrž má jiný objem, menší nádrž je benzínová a druhá nádrž v podobě tlakových lahví je pro stlačený zemní plyn. Ten je v nádržích stlačen pod tlakem přibližně 20 – 30 MPa. Do spalovacího prostoru se

plyn dostává ocelovým vysokotlakým potrubím. Následně redukční ventil upravuje tlak CNG, který směřuje do vstřikovačů. Motor je vybaven dvěma nezávislými okruhy, přičemž jeden je určen pro plyn a druhý pro benzín. Předností vozidel s CNG pohonem je srovnatelná pořizovací cena s dieselovým pohonem. Výhoda alternativního pohonu CNG spočívá také v tom, že jeho součásti jsou do vozidla montovány již při výrobě, tudíž se nejedná o přestavbu a na vozidlo je poskytována plná tovární záruka. Rychlost tankování plynu je zhruba stejná jako u dieselu a benzínu. Nevýhodou CNG pohonu je omezený vjezd do podzemních garáží, to se ale týká spíše osobních vozidel, nikoliv dodávkových. Na obrázku 8 je schéma jednotlivých částí vozidla Fiat Ducato s pohonem CNG. V tabulce 4 jsou shrnuty výhody a nevýhody pohonu CNG (10, 16).



Části automobilu: 1 – Tlakové láhve zemního plynu, 2 – Plnící hrdlo zemního plynu, 3 – Potrubí zemního plynu, 4 – Reduktor/regulátor tlaku, 5 – Zásobník se vstřikovači zemního plynu, 6 – Benzínová nádrž, 7 – Odolejovací filtr

Zdroj: (17)

Obrázek 8 – Schéma částí vozidla Fiatu Ducato CNG

Tabulka 4 – Výhody a nevýhody pohonu CNG

Výhody CNG	Nevýhody CNG
Nižší emise CO_2 oproti dieselu	Nutnost vysokotlakých nádrží v automobilu
Nižší hluk při jízdě vozidla	Provádění revizí nádrží
Levnější dálniční známka o 50 % oproti naftě	Vyšší pořizovací cena vozidla
Levnější cena CNG oproti naftě (před invazí)	Produkování emisí při jízdě
Odpadá filtr DPF a AdBlue	Nižší dojezd na CNG než u dieselu

Zdroj: Autor na podkladě (10, 15, 16)

Oproti ostatním alternativním pohonům je pohon CNG znevýhodněn využíváním spalovacího motoru, který stále při provozu produkuje emise výfukových plynů. Tímto se snižuje potenciál jeho využití, jelikož automobilová budoucnost směřuje spíše k provozování vozidel s nulovými lokálními emisemi, tedy k elektromobilitě a vodíkovému pohonu.

K datu 29.12. 2022 je na území ČR celkem 226 čerpacích stanic CNG (18).

1.4.2 Elektro pohon

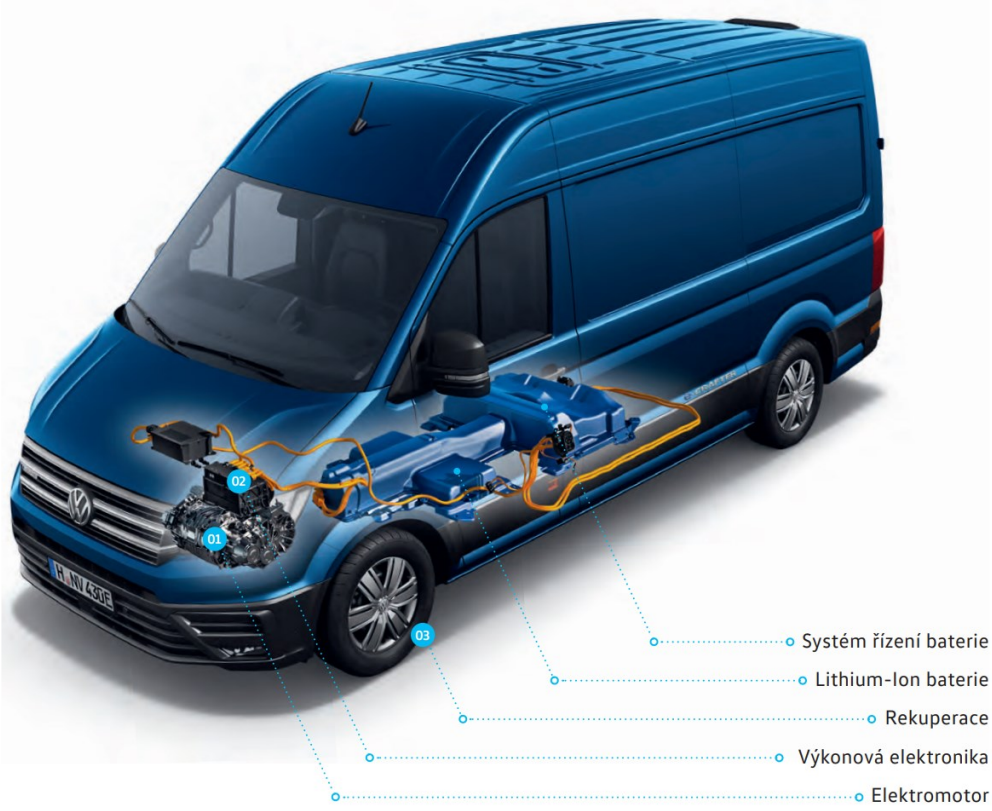
U užitkových vozidel jsou v nabídce pouze automobily s plně elektrickým pohonem. Jsou vybaveny elektromotorem, výkonovou elektronikou a akumulátorem, který je umístěn v podlaze nákladového prostoru. Z akumulátoru je napájen elektromotor, ten přenáší sílu na kola hnané nápravy. Vzhledem k vysoké hmotnosti akumulátoru (několik set kilogramů) mají vozidla s tímto pohonem nižší užitečné zatížení (nosnost) oproti vozidlům s konvenčním spalovacím motorem. Výkonová elektronika propojuje akumulátor s elektromotorem a zásobuje energií palubní elektroniku. Schéma komponentů je na obrázku 9. K nabíjení akumulátoru se využívají dobíjecí stanice, kde dobíjení v běžných podmínkách elektrické sítě při napětí 230 V trvá několik hodin. V případě využití tzv. wallboxových nabíječek se doba nabíjení zkracuje a u veřejných rychlodobíjecích stanic trvá nabíjení zhruba jednu hodinu. Například u vozidla VW e–Crafter je dojezd vozidla při plně nabitém akumulátoru pouhých 173 km. Kapacita baterie činí 35,8 kWh a dobití akumulátoru střídavým proudem 5,2 hodiny. Použitím rychlonabíječky je možné akumulátor nabít na kapacitu 80% za 45 minut. Počet veřejných dobíjecích stanic v ČR ke konci října 2022 je 1 266 stanic a jejich počet stále roste. I při využití rychlonabíječky vzniká časová ztráta oproti tankování dieselu, které trvá několik

minut. Elektrická dodávková vozidla se hodí pro městský a příměstský provoz, převážně pro distribuci balíků a zásobování obchodů v centrech měst. Je to dáno dojezdem vozidel, který je oproti dieselovým vozidlům nižší a nulovými emisemi při jízdě. Provoz těchto vozidel přispívá ke zlepšení ovzduší ve městech. Elektrická vozidla mají také výhodu při brzdění, protože nevyužitou kinetickou energii je možné rekuperovat do akumulátoru pomocí generátoru a dochází k dobíjení akumulátoru. Tím se snižuje množství prachových částic z brzd a zároveň i jejich opotřebení. Výhoda tohoto pohonu spočívá v tom, že elektromotor není třeba zahřívat na provozní teplotu a může být plně využit již od počátku jízdy. Do vozidel s elektrickým pohonem se netankuje roztok AdBlue, není třeba pravidelně měnit motorový a převodový olej a snižují náklady na provoz. Současně dochází i ke snížení znečištění planety tím, že se spotřebuje menší množství olejů. Negativem plně elektrického pohonu je to, že spotřebiče ve vozidle mohou značně snižovat dojezd vozidla. Spotřebiči jsou především světlomety, klimatizace a topení. Při parkování vozidel ve venkovním prostředí je třeba v zimě vyhřívat akumulátor, což spotřebovává elektrickou energii navíc. V letních horkých dnech je naopak třeba akumulátor chladit, aby nedošlo k jeho přehřátí, a to také spotřebovává energii. I samotný provoz elektrického vozidla v zimních podmínkách snižuje dojezd vozidla. Značným omezením elektrických dodávek je omezená maximální rychlost, která je v případě elektrického VW Craftera pouze 90 km/h. Významnou nevýhodou je pořizovací cena elektrických dodávek. Například u Opelu Movano je cenový rozdíl mezi elektrickým a dieselovým pohonem téměř jeden milion korun bez DPH. Tabulka 5 shrnuje výhody a nevýhody elektrických dodávek. Na obrázku 9 je schéma jednotlivých částí elektrického pohonu vozidla VW e – Crafter (10, 19, 20, 21).

Tabulka 5 – Výhody a nevýhody elektropohonu v dodávkových vozidlech

Výhody	Nevýhody
Nulové emise CO_2 při jízdě	Vyšší pořizovací cena vozidel oproti dieselovým
Lepší akcelerace a možnost rekuperace	Nízký dojezd vozidel – (170 – 250 km)
Není třeba dálniční známka	Omezená maximální rychlost vozidel
Odpadají problémové části spalovacího motoru - EGR, DPF, AdBlue, blok motoru	Dlouhá doba nabíjení akumulátoru (hodiny)
Nižší servisní náklady oproti dieselu	Nevhodný pro těžší náklad

Zdroj: Autor na podkladě (10, 15, 19)



Zdroj: (19)

Obrázek 9 – Schéma automobilu VW e – Crafter

1.4.3 Vodíkový pohon

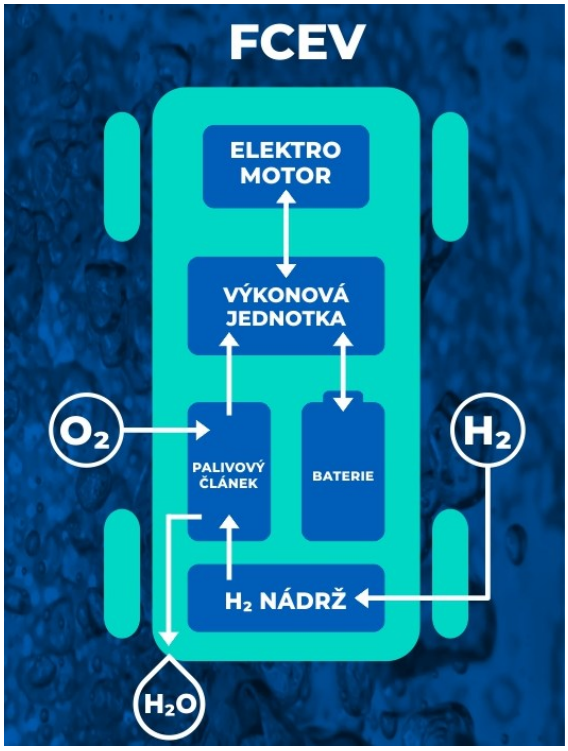
Vodík jako pohon v automobilech je možné využívat ve dvou variantách. První možností je využití vodíku jako palivo přímo ve spalovacím prostoru motoru nebo v rámci druhé možnosti jako zdroj elektrické energie v palivových článcích elektromobilu. Vodík je současným nejčistším palivem. Vozidla jezdící na vodík mají oproti elektromobilům nižší emise, protože elektřina se vyrábí z fosilních paliv, které produkují emise oxidu uhličitého. Jelikož na emise výfukových plynů vozidel je vyvíjen velký tlak, pohon vodíku se tak do budoucna jeví vhodnou alternativou benzínu a nafty. Zejména v České republice ještě není dostatečná infrastruktura pro vozidla s tímto pohonem. Vodíkové čerpací stanice jsou v ČR k datu 11.3. 2023 pouhé tři. Do budoucna lze ale očekávat jejich nárůst, do roku 2030 bych jich na území ČR mělo být více než třicet (10, 22, 23).

Palivové vodíkové články tvoří jednotlivé desky grafitu a vodivého kovu, mezi kterými je umístěna membrána. Z jedné strany je do článku vháněn vodík, z toho se oddělují na vrstvě katalyzátoru protony, které přes membránu procházejí na druhou stranu článku ke kovové desce. K desce je tlačen kyslík za pomoci ventilátoru. Následným jednoduchým chemickým

procesem vznikne elektrický proud, který je následně kovovou deskou odveden do „výfuku“ a výstupem je odtékající voda (24, 25).

Vozidla s vodíkovým pohonem mají v podlaze zabudovaný akumulátor nabíjený palivovými články, které jsou taktéž ve vozidle a generují elektrickou energii. Pohon funguje bez produkce škodlivých látek (oxidů dusíku, pevných částic) s výhodami elektrického pohonu. K dispozici je okamžitý výkon motoru a dostupnost velkého kroutícího momentu motoru již od nízkých otáček. Pozitivem pohonu je nízký hluk při jízdě vozidla a v motorové části odpadají drahé součásti, kterými jsou například turbodmychadlo, vstřikovače paliva, DPF filtr, EGR ventil, dvouhmotnostní setrvačník a blok motoru. Při provozu vodíkových vozidel není třeba měnit motorový olej. Tím se snižuje zanechaná ekologická stopa vozidel a provozní náklady. Schéma vodíkového pohonu automobilu je znázorněno na obrázku 10 (10, 24, 26).

Vodík obsahuje nejvyšší množství energie ze všech paliv, konkrétně 33 kWh/kg. V reálném prostředí to znamená, že 1 kg vodíku obsahuje 33 kWh energie, která vodíkovému osobnímu automobilu vystačí na dojezd vzdálenosti 100 km. Palivový článek má účinnost přibližně 50 %. Tabulka 6 shrnuje výhody a nevýhody vodíkového pohonu (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle). Tabulka 7 porovnává množství CO_2 při spálení 1 litru paliva (26).



Zdroj: (26)

Obrázek 10 – Schéma vodíkového pohonu v automobilu – FCEV

Tabulka 6 – Výhody a nevýhody vodíkového pohonu

Výhody	Nevýhody
Nižší emisní stopa o cca 44 % oproti benzínu	Nedostatek čerpacích stanic
K dispozici okamžitý výkon motoru	Omezený výběr automobilů
Odpadá turbodmychadlo, DPF, EGR	Vyšší pořizovací cena automobilu oproti dieselovému pohonu
Vyšší účinnost vodíkového pohonu (50 %) oproti klasickému spalovacímu motoru	Vyšší hmotnost vozidla
Lokálně bezemisní provoz	Nutnost stlačení vodíku ↑ hmotnost, ztráty
Rychlé tankování (jako u dieselu či benzínu)	Nižší dojezd vozidla oproti dieselu

Zdroj: Autor na podkladě (10, 22, 24, 25)

1.5 Porovnání emisí CO_2 pro jednotlivá paliva

Pro výpočet průměrných emisí oxidu uhličitého lze využít vzorec (1) na obrázku 11:

$$\frac{\text{kombinovaná spotřeba } [litr/100\ km]}{100} * \text{množství oxidu uhličitého vzniklého při spálení 1 litru paliva } [g] = \text{průměrné emise } CO_2\ [g/km] \quad (1)$$

Zdroj: (27)

Obrázek 11 – Vzorec pro výpočet CO_2

Tabulka 7 – Množství CO_2 při spálení litru paliva

Druh paliva	Množství CO_2 při spálení 1 litru (kg) paliva [g]
Diesel	2 640
Benzín	2 390
CNG	2 666

Zdroj: (27)

Jednotlivé průměrné přibližné hodnoty emisí CO_2 pro různé pohony jsou následující:

Výpočet průměrných emisí CO_2 pro naftový motor

Uvažovaná kombinovaná spotřeba paliva = 9,4 l/100 km

$$\frac{9,4}{100} * 2640 = 248 \text{ g } CO_2/\text{km}$$

Výpočet průměrných emisí CO_2 pro benzínový motor

Uvažovaná kombinovaná spotřeba paliva = 10 l/100 km

$$\frac{10}{100} * 2390 = 239 \text{ g } CO_2/\text{km}$$

Výpočet průměrných emisí CO_2 pro CNG

Uvažovaná kombinovaná spotřeba paliva = 8,8 kg (5)

$$\frac{8,8}{100} * 2666 = 234,6 \text{ g } CO_2/\text{km}$$

U vodíkového pohonu a elektropohonu během jízdy nevznikají škodlivé látky, proto je zde množství CO_2 rovno nule.

Před provedením výpočtu bylo třeba stanovit kombinovanou spotřebu paliva pro jednotlivé pohony. U vozidla Renault Master bylo vycházeno z reálného prostředí společnosti, přičemž spotřeba tohoto vozidla je přibližně 9,4 litrů na sto kilometrů. Pro pohon CNG byla uvažována hodnota 8,8 kg/100 km, kterou uvádí výrobce vozidla. U benzínu bylo počítáno se spotřebou o půl litru vyšší než u Mastera. V tabulce 8 jsou výsledky vypočítaných průměrných hodnot emisí jednotlivých pohonů.

Tabulka 8 – Porovnání průměrných emisí CO_2

Pohon	**Vypočítané průměrné emise CO_2 [g/km]**
Diesel	248
Benzín	239
CNG	234,6
Vodík	Lokální emise = 0
Elektropohon	Lokální emise = 0

Zdroj: Autor na podkladě (27)

Z tabulky 8 je zřejmé, že z hlediska produkce emisí nejlépe vychází elektropohon společně s vodíkovým pohonem, které během jízdy neprodukují žádné škodlivé látky. Z výfukového potrubí vodíkových automobilů vychází pouze voda. Následuje pohon CNG, který má nižší emise oproti dieselovému a benzínovému pohonu. Vozidlo s CNG vyprodukuje přibližně 234,6 gramů CO_2/km, u benzínového pohonu to je 239 gramů CO_2/km a nejvyšší hodnotu emisí má dieselový motor, je to 248 g CO_2/km. Vypočítané hodnoty jsou pouze přibližné a nemusí vždy odpovídat reálnému prostředí, protože každé vozidlo má jinou spotřebu paliva. Ta je závislá na zatížení motoru, například při jízdě do stoupání dochází k nárustu spotřeby paliva a současně k vyšší produkci emisí. Každý řidič má jiný jízdní styl, proto se mohou emisní hodnoty lišit.

1.6 Shrnutí analýzy současného stavu a analýzy pohonů vozidel

V rámci analýzy bylo zjištěno, že společnost vlastní pouze dieselové dodávky dvou různých karosářských velikostí. Zároveň obsahuje popis jednotlivých požadavků na vozidla ze strany společnosti. Jelikož některá vozidla ve vozovém parku jezdí zhruba šest let, nabízí se varianta zařazení alternativních pohonů do flotily v rámci obnovy současných dieselových vozidel. To může být jednak z důvodu využívání moderních technologií, kterým je společnost MHA nakloněna, tak za účelem snížení emisí vozového parku společnosti a snížení provozních nákladů vozidel. Kritéria, která mohou ovlivnit výběr takového vozidla jsou specifikována v podkapitole 1.2. Jednotlivé alternativní pohony včetně výhod a nevýhod jsou detailněji rozebrány v podkapitole 1.4. Na základě analýzy budou v následující kapitole navržena konkrétní vozidla.

2 Návrhy modernizace v oblasti vozového parku

V návaznosti na analýze a požadavků společnosti MHA jsou navrženy jednotlivé konkrétní varianty dodávkových vozidel s různými pohony. Nabídka dodávek s alternativními pohony není tak široká, jako v případě dieselového pohonu. I tak pro zmíněné alternativní pohony existuje více možných variant automobilů. Jsou navržena vozidla s pohonem CNG, elektropohonem a vodíkovým pohonem. Vozidla s alternativními pohony jsou specifické tím, že během jízdy produkují nižší, v některých případech dokonce žádné emise výfukových plynů oproti motorům spalovacím.

2.1 Výběr a parametry dodávkového vozidla s pohonem CNG

Prvním možným alternativním pohonem, o kterém může společnost uvažovat, je pohon CNG. V případě, že by se společnost rozhodla tento pohon do budoucna využívat, je třeba nejdříve zajistit případné tankování pohonných hmot, protože ne všechny čerpací stanice mají CNG stojan k dispozici. Jak již bylo zmíněno, společnost MHA sídlí v Humpolci a vozidla zde denně najíždějí na dálnici D1 směrem na Prahu nebo na Brno. Přímo u dálnice se nachází čerpací stanice se stojanem CNG, což by společnosti umožnilo bezproblémové tankování paliva do vozidel. Potenciálně by bylo možné tankovat při výjezdu na rozvozovou trasu, případně při návratu z ní. Nevznikala by žádná zajížďka. Alternativou k veřejným čerpacím stanicím může být vybudování soukromé čerpací stanice. Návrh vlastní CNG stanice pro společnost je představen dále v této kapitole.

Vozidla CNG jsou stále poháněna spalovacím motorem, takže při provozu produkují výfukové plyny. Podíl škodlivin je sice menší, než v případě benzínu či dieselu, ale vyšší potenciál využití má do budoucna pohon vodíkový a elektrický. Tedy pohony, které jsou během svého lokálního provozu zcela bez emisní z hlediska spalin.

V současné nabídce velkých dodávkových vozidel s pohonem CNG jsou následující možnosti: Iveco Daily CNG a Fiat Ducato CNG. Tato vozidla nabízejí podobné konfigurace jako dieselové Mastery, které společnost nyní využívá (5, 28, 29).

Iveco Daily a Fiat Ducato mají některé prvky stejné, protože pocházejí ze stejného koncernu výrobce. Ve verzi CNG mají například stejný motor, proto jsou totožné i jeho technické parametry. Drobnou odchylku mají ve spotřebě paliva, která je zhruba tři desetiny litru na sto kilometrů. Důležité je zmínit, že obě vozidla mají tlakové nádrže umístěné pod podlahou nákladového prostoru a nezmenšují tak jeho velikost (5, 28, 29).

2.1.1 Iveco Daily CNG

Přímo od jednoho z prodejců vozidel Iveco byly zjištěny následující informace. Vozidlo s CNG pohonem je přibližně o 70 000 Kč bez DPH dražší oproti klasickému dieselu. Iveco Daily ve verzi CNG je možné zakoupit ve dvou variantách. První variantou je pouze pohon CNG a druhou variantou je kombinace CNG a benzínu. Z hlediska servisovatelnosti vozidla CNG jsou náklady zhruba stejné jako u dieselu. U verze CNG je ale nutné každé dva roky provádět revizi tlakových nádrží, která stojí zhruba 500 Kč bez DPH. Jelikož karoserie Iveca je upevněna na rámu, plynové nádrže jsou umístěny pod podlahou nákladového prostoru, který zůstává plnohodnotný jako u dieselové varianty. Dle prodejce je CNG pohon na základě zkušeností z provozu vhodný pro delší trasy, na krátké trasy toto vozidlo nebylo doporučeno (28, 29).

Iveco Daily CNG je poháněno tříllitrovým motorem o výkonu 100 kW s točivým momentem 350 Nm. Jedná se o stejné výkonové parametry jako u dieselového motoru. Verze CNG je vybavena automatickou osmistupňovou převodovkou, která poskytuje vyšší pohodlí řidiči a lepší přenos výkonu oproti manuální převodovce. Výhody a nevýhody Iveca porovnává tabulka 9 (28).

Tabulka 9 – Výhody a nevýhody Iveca Daily CNG

Výhody Iveca CNG	Nevýhody Iveca CNG
Parametry motoru stejné jako u dieselu	O cca 70 000 Kč bez DPH dražší oproti dieselu
Zachování velikosti nákladového prostoru	Nižší životnost motoru oproti dieselu
Odpadá AdBlue, DPF	Nevhodné na kratší trasy
Nižší emise oproti dieselu (cca -5% CO_2, - 12% NOx, -76% pevných částic)	Nejbližší servisní centrum v Jihlavě
Nižší náklady na pohonné hmoty (při stabilní ceně plynu)	Tlakové plynové nádrže ve vozidle

Zdroj: Autor na podkladě (28, 29)

Společnost by mohla uvažovat o variantě Iveca s objemem nákladového prostoru 12 m^3, případně 16 m^3. Cenový rozdíl mezi těmito variantami je zhruba 30 000 Kč bez DPH v závislosti na přesné specifikaci výbavy. Do menší varianty nákladového prostoru lze naložit

čtyři europalety, do větší varianty až šest europalet. Ale ne vždy je zboží přepravované společností uloženo na paletách, proto by mohla vyhovovat i menší varianta vozidla. V tabulce 10 je porovnání technických parametrů vozidel Renault Master a Iveca Daily CNG (28).

Tabulka 10 – Porovnání technických parametrů Mastera a Iveca Daily CNG

Parametry/vozidla	**Renault Master**	**Iveco Daily CNG**
Motorizace		
Objem motoru [cm^3]:	2 299	2 990
Výkon [kW]:	100	100
Točivý moment [Nm]:	360	350
Převodovka:	Manuální – 6st.	Automatická – 8st.
Palivo:	Diesel	CNG + benzín
Spotřeba paliva [l, kg]:	9,4	8,5
Objem palivové nádrže [l]:	80	37kg + 15 l
Celkový dojezd [km]:	850	400 + 110
Rozměry vozidla		
Celková délka vozidla [mm]:	6 198	6 088
Šířka včetně zrcátek [mm]:	2 470	Neuvedena
Rozvor náprav [mm]:	4 332	3 520
Celková výška [mm]:	2 502	2 580
Zadní převis karoserie [mm]:	869	1 520
Parametry nákladového prostoru		
Verze karoserie:	L3H2	L3H2
Délka nákladového prostoru [mm]:	3 733	3 510
Výška nákladového prostoru [mm]:	1 894	1 800
Výška bočních posuvných dveří [mm]:	1 780	1 800
Počet europalet [ks]:	5	4
Objem nákladového prostoru [m^3]:	13	12
Hmotnosti vozidla		
Užitečné zatížení [kg]:	1 434	1 175
Provozní hmotnost [kg]:	2 066	2 325
Celková hmotnost [kg]:	3 500	3 500
Lokace servisního střediska		
Město:	Humpolec	Jihlava
Pořizovací cena v Kč bez DPH:	788 000	1 030 000

Zdroj: Autor na podkladě (6, 28, 29)

Výkon motoru je u obou vozidel srovnatelný, rozdíl nastává v objemu motoru, který má Iveco větší. V praxi to může představovat například vyšší částku za povinné ručení. Záleží na konkrétní pojišťovně a ostatních parametrech.

Pro porovnání nákladů na pohonné hmoty byl zvolen rok 2019 a 2022. Toto období bylo vybráno z toho důvodu, že v něm docházelo k prudkému nárůstu cen pohonných hmot. To se týkalo jak CNG (obrázek 12), tak i dieselu. Bylo to ovlivněno jednak pandemií Covid-19, a také počátkem války na Ukrajině. V tabulce 11 je porovnání palivových nákladů vozidel CNG a dieselu pro rok 2019.

Tabulka 11 – Porovnání nákladů na pohonné hmoty v roce 2019

Údaje/vozidla	**Iveco Daily CNG**	**Master diesel**
Spotřeba paliva/ 100 km	8,5 kg	9,4 l
Průměrná cena paliva za rok bez DPH	21,58 Kč/kg	26,20 Kč/l
Roční kilometrový nájezd	65 000 km	65 000 km
Palivové náklady/rok	119 230 Kč	160 082 Kč
Palivové náklady na 1 km	1,83 Kč	2,46 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	545 km	406 km

Zdroj: Autor na podkladě (30, 31)

V roce 2019 byla průměrná cena CNG 21,58 Kč/kg bez DPH a dieselu 26,20 Kč/l bez DPH. Pro výpočet byl uvažován roční nájezd vozidel 65 000 km. Výrobcem udávaná spotřeba Iveca Daily CNG je 8,5 kg/100 km. Spotřeba Mastera činí 9,4 l/100 km. Výpočtem bylo zjištěno, že roční náklady na palivo jsou za uvedených podmínek pro CNG 119 230 Kč bez DPH a pro diesel 160 082 Kč bez DPH. Jedná se tedy o roční úsporu 40 852 Kč/vozidlo ve prospěch Iveca Daily CNG. Pro příklad provozu tří vozidel s pohonem CNG jde o úsporu na pohonných hmotách 122 556 Kč.

Tabulka 12 porovnává palivové náklady při cenách za rok 2022.

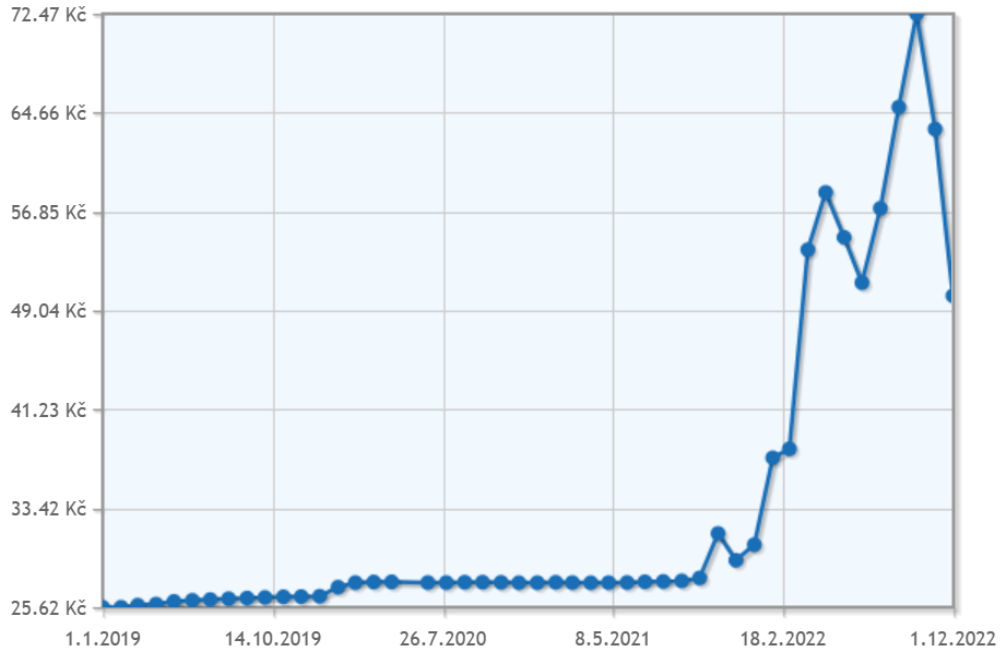
Tabulka 12 – Porovnání nákladů na pohonné hmoty v roce 2022

Údaje/vozidla	Iveco Daily CNG	Master diesel
Spotřeba paliva	8,5 kg	9,4 l
Průměrná cena paliva za rok bez DPH	43,57 Kč/kg	34,54 Kč/l
Roční nájezd	65 000 km	65 000 km
Náklady/rok	240 724 Kč	211 039 Kč
Palivové náklady na 1 km	3,70 Kč	3,25 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	270 km	308 km

Zdroj: Autor na podkladě (14, 32)

V roce 2022 byla průměrná cena CNG 43,57 Kč/kg bez DPH a dieselu 34,54 Kč/l bez DPH. Pro výpočet byl uvažován stejný roční nájezd vozidel 65 000 km. V rámci výpočtu pro rok 2022 bylo zjištěno, že roční náklady na palivo jsou za uvedených podmínek pro CNG 240 724 Kč a pro diesel 211 039 Kč. V tomto případě vychází lépe diesel. Pro příklad provozu tří vozidel s pohonem CNG se jedná o zvýšení nákladů na pohonných hmotách o 59 055 Kč oproti naftě.

Obrázek 12 znázorňuje vývoj ceny CNG od roku 2019 do roku 2022.



Zdroj: (31, 32)

Obrázek 12 – Vývoj ceny CNG od roku 2019 do roku 2022

2.1.2 Fiat Ducato CNG

Vozidlo Fiat Ducato s pohonem CNG (výrobcem označované také jako Natural Power) je vybaveno stejným třílitrovým čtyřválcovým motorem jako Iveco. Motor umožňuje spalovat jak CNG, tak i benzín, přičemž primárně vozidlo jezdí na stlačený zemní plyn. Benzín slouží jako palivová rezerva při vyčerpání plynu, ale také pro startování motoru. Tlakové plynové nádrže, kterých je celkem pět, jsou umístěny pod podlahou nákladového prostoru a nezmenšují jeho objem. V tabulce 13 je porovnání palivových nákladů na Ducata CNG a Mastera. Tabulka 14 obsahuje porovnání jejich technických parametrů motorů Mastera a Ducata s pohonem CNG. U tohoto automobilu jsou zde uvedeny pouze parametry motoru, protože ostatní parametry Ducata jsou stejné jako u dieselové varianty (viz. tabulka 1 – parametry vozidla Fiat Ducato) (5, 17).

Tabulka 13 – Porovnání nákladů na palivo Ducata CNG a Mastera diesel pro rok 2019

Údaje/vozidla	**Ducato CNG**	**Master diesel**
Spotřeba paliva/ 100 km	8,8 kg	9,4 l
Průměrná cena paliva za rok bez DPH	21,58 Kč/kg	34,54 Kč/l
Roční nájezd	65 000 km	65 000 km
Náklady/rok	123 438 Kč	211 039 Kč
Palivové náklady na 1 km	1,90 Kč	3,25 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	527 km	308 km

Zdroj: Autor na podkladě (5, 30, 31)

Tabulka 14 – Porovnání parametrů Mastera, Iveca Daily CNG a Ducata CNG

Parametry/vozidla	**Renault Master**	**Fiat Ducato**	**Iveco Daily**
Motorizace			
Objem motoru [cm^3]:	2 299	2 990	2 990
Výkon [kW]:	100	100	100
Točivý moment [Nm]:	360	350	350
Palivo:	Diesel	CNG + benzín	CNG + benzín
Objem palivové nádrže [l, kg]:	80	37kg + 15 l	36kg + 14 l
Spotřeba paliva [l, kg/100 km]:	9,4	8,8	8,5
Celkový dojezd [km]:	850	400 + 110	480 + 100
Pořizovací cena v Kč bez DPH:	778 000	882 900	1 020 000

Zdroj: Autor na podkladě (5, 6, 17, 28, 29, 33)

2.1.3 Návrh plnící stanice pro CNG

Při provozování CNG vozidel jsou možné dvě varianty tankování paliva. První variantou je tankování na veřejně dostupných čerpacích stanicích. Variantou druhou je vybudování vlastní čerpací stanice. Pro návrh plnící stanice CNG byl osloven český výrobce Motor Jikov. Tato společnost nabízí více modelů plnících stanic. Při uvažování provozu šesti dodávkových vozidel s pohonem CNG (tj. poloviny vozového parku MHA), s průměrným ročním nájezdem 65 000 km a spotřebou vozidla 8,8 kg CNG/100 km byla výrobcem navržena stanice s označením MJ Variant plus 15 – 1680. Ta je podle výrobce vhodná pro uživatele, kteří požadují rychlé doplnění zemního plynu do vozidla. Navrhovaná stanice se skládá z betonového kontejneru, ve kterém jsou umístěny všechny potřebné komponenty pro provoz stanice. Jedná se o tlakové zásobníky s celkovou kapacitou 1 680 litrů, kompresory, elektrické rozvaděče, čidla, spojky, regulační ventily, výdejní zařízení a výdejní stojan. V tabulce 15 jsou parametry navrhované plnící stanice (34).

Tabulka 15 – Parametry stanice MJ Variant Plus 15–1680

Typ čerpací stanice:	**MJ Variant Plus 15 – 1680**
Počet kompresorů	3
Kapacita tlakových zásobníků	1 680 litrů
Výkon stanice	15 m^3/hod
Elektromotor	3x 400 V / 16 A
Plnící tlak vozidel	250 bar
Provozní teplota	-20 až 50 °C
Čidlo úniku plynu	ano
Sušič plynu	ano
Automatické řízení provozu	ano
Manuální výdejní panel	ano
Výstupní hadice	3 m
Pořizovací cena stanice v Kč bez DPH:	1 415 000

Zdroj: Autor na podkladě (34)

Obrázek 13 znázorňuje betonový kontejner plnící stanice CNG. Na obrázku 14 jsou jednotlivé tlakové láhve. Na obrázku 15 je znázorněno uspořádání kompresorů plnící stanice.

Zdroj: (34)

Obrázek 13 – Plnící stanice MJ Variant Plus 15 – 1680

Zdroj: (34)

Obrázek 14 – Umístění tlakových lahví uvnitř čerpací stanice

Zdroj: (34)

Obrázek 15 – Uložení kompresorů uvnitř plnící stanice

Betonový kontejner o rozměrech 3,5 x 2,5 m musí být z bezpečnostních důvodů umístěn minimálně 1,25 metru od budovy a čelní strana s dveřmi 2 metry od budovy (34).

Konfiguraci stanice, která je uvedena v tabulce 15 lze během provozu měnit. Je možné například přidat čtvrtý kompresor pro zachování větší stability provozu stanice. Konfigurace stanice není z výroby pevně stanovena a je výhodné, že ji lze během provozu zdokonalovat (34).

V tabulce 16 jsou uvedené náklady spojené s provozem čerpací stanice CNG.

V rámci vyčíslení úspor bylo počítáno s následujícími parametry:

- Spotřeba vozidla s CNG pohonem: 8,8 kg CNG/100 km = 12,3 m^3 zemního plynu
- Průměrná cena zemního plynu: 16,53 Kč bez DPH/m^3
- Spotřeba vozidla s dieselovým pohonem: 9,4 l/100 km
- Průměrná cena dieselu: 32,23 Kč/l bez DPH
- 6 vozidel využívajících čerpací stanici
- Kilometrový nájezd 1 automobilu: 65 000 km/rok
- Cena za 1 kWh: 3,1 Kč bez DPH (cena platná pro společnost MHA)
- Provoz tří kompresorů s celkovým příkonem 6,6 kW a účinností 80 %

Tabulka 16 – Náklady na provoz navrhované soukromé čerpací stanice CNG

Plnící stanice MJ Variant plus 15-1680		**CNG Fiat Ducato**		**Diesel Renault Master**		Kalkulace nákladů CELKEM Kč bez DPH	
						Zemní plyn	Veřejná čerpací stanice (Diesel)
Počet vozidel	Km nájezd vozidla/rok	Spotřeba m^3/100 km	Celkem m^3 plynu	Spotřeba l/100 km	Celkem l nafty	Kč/m^3	Kč/l
						16,53	32,23
6	65 000	12,3	48 048	9,4	36 660	794 182	1 181 603
Celková roční úspora za pohonné hmoty						387 421 Kč	
Celkové roční provozní náklady na údržbu a servis						-88 889 Kč	
Celkové roční náklady na el. energii						-52 430 Kč	
Roční spotřební daň CNG						-144 144 Kč	
Celkové roční úspory při provozu CNG vozidel						**119 959 Kč**	

Zdroj: Autor na podkladě (34)

Orientační pořizovací cena uvedené plnící stanice MJ Variant plus 15 – 1680 činí 1 415 000 Kč bez DPH. V této částce je zahrnuta cena technologie včetně stavebního projektu, dopravy, instalace, proškolení obsluhy, revize a schválení Technickou inspekcí ČR. Z toho přibližně 575 000 Kč bez DPH tvoří cena výdejního stojanu CNG a 295 000 Kč bez DPH stojí výdejní zařízení stanice. Zmíněný přídavný kompresor je možné pořídit za příplatek 190 000 Kč bez DPH. Ceny jsou uvedené k datu 10.2.2023 a jejich platnost je pouhých 60 dní,

poté se mohou vzhledem k okolnostem lišit. V ceně není zahrnuta investice na přípojku plynu a elektřiny a náklady na stavební úpravy. Plynová a elektrická přípojka je v areálu společnosti MHA k dispozici, úpravy by spočívaly v prodloužení plynového potrubí a kabeláže elektrické přípojky. Zdrojem elektrické energie pro stanici by mohla být fotovoltaická solární elektrárna, která pokrývá celou střešní plochu budov společnosti MHA. Pro vybudování stanice by bylo nutné vybetonovat základovou desku (nezahrnuto v pořizovací ceně stanice), na kterou by byl umístěn betonový kontejner stanice (34).

2.2 Výběr a parametry dodávkového vozidla s elektropohonem

Druhou možností zařazení alternativního pohonu do flotily dodávkových automobilů je elektropohon. Dodávky s elektropohonem má v nabídce několik různých výrobců. Ačkoliv není elektrický pohon v tomto segmentu vozidel tolik využíván, po dieselové variantě má nejvíce zástupců vozidel z hlediska pohonu. Tato technologie pohonu umožňuje vozidlům lokální zcela bezemisní provoz, a zároveň má nižší servisní náklady oproti spalovacím vozidlům. Elektro dodávky mají ale i několik nevýhod. Spočívají v omezené maximální rychlosti vozidel od 80 do 130 km/h, v nízkém dojezdu 200 až 300 km a v nižší užitečné hmotnosti. Příčinou omezení je hmotnost akumulátoru a zachování nižší spotřeby elektrické energie. Tyto zmíněné vlastnosti zásadním způsobem snižují možné využití v reálném provozu (35, 36, 37).

V diplomové práci je navržen Renault Master E – Tech, Fiat E – Ducato a Ford E – Transit. Do budoucna by případně bylo možné do porovnání zařadit ještě elektrický Crafter a elektrické Iveco Daily. V době vypracování práce ale tato vozidla nebyla v nabídce výrobců (7, 28).

2.2.1 Renault Master E – TECH Electric Furgon

Master E – Tech je dodávka s plně elektrickým pohonem. Stejně jako dieselová verze se vyrábí v několika karosářských variantách s objemem nákladového prostoru od 8 do 13 m^3. Celková hmotnost vozidla je 3 100 kg, případně 3 500 kg. Vozidlo je poháněno elektromotorem o výkonu 57 kW s točivým momentem 225 Nm. Elektromotor je napájen energií z akumulátoru s kapacitou 52 kWh umístěného pod podlahou vozidla. Hmotnost akumulátoru činí 350 kg. Nevýhodou elektrického Mastera je omezení maximální rychlosti na 80 (100) km/h. Rychlostní limit 100 km/h se vztahuje na vozidlo s omezenou nosností a 80 km/h platí pro vozidlo se zachováním plné nosnosti, která je u verze Furgon maximálně 1 308 kg. To je o 120 kg méně než u dieselové verze. Veškeré technické údaje tohoto automobilu jsou v tabulce 17 (35).

Tabulka 17 – Technické údaje Mastera E – Tech

Parametry/ vozidlo	**Renault Master E – Tech**
Motorizace	
Pohon:	Elektro
Výkon elektromotoru:	57 kW
Točivý moment:	225 Nm
Spotřeba el. energie/100 km:	29,5 – 39,5 kWh
Kapacita akumulátoru:	52 kWh
Dojezd vozidla podle WLTP:	140 – 204 km
Maximální rychlost:	80 – 100 km/h
Hmotnosti vozidla	
Užitečné zatížení:	1 308 kg
Provozní hmotnost:	2 192 kg
Celková hmotnost:	3 500 kg
Lokace servisního střediska	
Město:	Humpolec
Základní pořizovací cena v Kč bez DPH:	1 700 000 Kč

Zdroj: Autor na podkladě (35)

Elektrický Master má oproti dieselovému tři zásadní nevýhody. Je to již zmíněná omezená maximální rychlost, nízký dojezd a pořizovací cena automobilu. Podle údajů výrobce je maximální dojezd na jedno nabití akumulátoru v rozmezí 140 – 204 km podle technické specifikace. S těmito parametry je automobil určen pro městský a příměstský provoz. Se současnými technickými parametry je nereálné s tímto vozidlem realizovat jízdy po dálnici a na delší vzdálenosti. Základní orientační pořizovací cena pro specifikaci L3H2P3 je 1 700 000 Kč bez DPH. Uvedená cena jsou platná pro březen 2023 a během roku může dojít k jejich změnám (35).

Důležitým parametrem pro elektromobil je spotřeba elektrické energie a doba nabíjení akumulátoru. Spotřeba energie se pohybuje v rozmezí od 29,5 do 39,5 kWh/100 km. Závisí na zatížení vozidla, na typu trasy (stoupání/ klesání vozovky) a na odběru energie pro spotřebiče (světlomety, stěrače, klimatizace, navigace, rádio). Doba nabíjení akumulátoru na 100% kapacitu je ze standardní zásuvky 230 V 19 hodin a nabíječkou s výkonem

7,4 kW trvá 9,5 hodiny. Nabíjením z wallboxu je možné za 6 hodin dosáhnout dojezdu 120 km (35).

Do budoucna po vylepšení technického řešení elektrických užitkových vozidel by mohly být elektro dodávky pro společnost zajímavou náhradou současných dieselových dodávek. Jak již bylo zmíněno, společnost má vlastní solární elektrárnu, jejíž část je na obrázku 16. Fotovoltaická elektrárna jí zajišťuje elektrickou soběstačnost přes 90 %. Proto by se nabízelo provozovat vozidla s elektropohonem, jelikož by se značně snížily náklady na jejich provoz. Elektrárna disponuje celkovým výkonem 200 kWp a je vybavena bateriovým úložištěm. V areálu společnosti je také již umístěna nabíječka (AC/DC) pro elektromobily s nabíjecím výkonem 1x 150 kW nebo 2x 22 kW. Slouží pro nabíjení vozidel zákazníků společnosti.

Zdroj: Autor

Obrázek 16 – Část fotovoltaické elektrárny společnosti MHA

Pro porovnání nákladů na palivo je použita cena elektřiny 5,79 Kč bez DPH za kWh pro nabíjení z wallboxu. Částka zahrnuje veškeré poplatky pro provoz elektrické sítě a údržbu. Jedná se o hodnotu, která platí přímo pro podmínky společnosti MHA a bude použita pro všechny navrhované elektrické dodávky. V tabulce 18 je porovnání vozidel z hlediska nákladů na palivo dieselu/elektřiny. Tabulka 19 obsahuje úspory za výměnu motorového oleje.

Tabulka 18 – porovnání nákladů na palivo Mastera E – Tech a Mastera diesel

Údaje/vozidla	**Master E – TECH**	**Master diesel**
Spotřeba elektřiny/ paliva na 100 km	35 kWh	9,4 l
Cena paliva v Kč bez DPH	5,79 Kč/kWh	34,54 Kč/l
Roční nájezd vozidla	65 000 km	65 000 km
Palivové náklady/rok	131 723 Kč	211 039 Kč
Palivové náklady na 1 km	2,03 Kč	3,25 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	493 km	308 km

Zdroj: Autor na podkladě (14, 35)

U elektropohonu je kromě úspory za palivo také úspora v rámci servisu, protože odpadá výměna motorového oleje. Za předpokladu výměny oleje v intervalu 40 000 km a ročního nájezdu 65 – 70 000 km je třeba u dieselové dodávky jednou ročně vyměnit motorový olej. Pro výpočet úspor za výměnu motorového oleje za rok byly uvažovány následující parametry:

- Servisní interval výměny oleje 40 000 km
- Cena 6-ti litrů oleje 1 100 Kč bez DPH
- Cena olejového filtru 250 Kč bez DPH
- Cena za výměnu oleje (práci) 900 Kč bez DPH

Tabulka 19 – Úspora za výměnu oleje při provozu elektro dodávek

Počet vozidel	Roční nájezd [km]	Počet výměn oleje	Množství oleje [l]	Množství filtrů [ks]	Cena za olej [Kč]	Cena za filtry [Kč]	Cena za práci [Kč]
1	65 000	1	6	1	1 100	250	900
Úspora za výměnu oleje 1 vozidla vč. práce					**2 250 Kč bez DPH**		
3	65 000	3	18	3	3 300	750	2 700
Úspora za výměnu oleje 3 vozidel vč. práce					**6 750 Kč bez DPH**		
6	65 000	6	36	6	6 600	1 500	5 400
Úspora za výměnu oleje 6 vozidel vč. práce					**13 500 Kč bez DPH**		

Zdroj: Autor na podkladě MHA, s.r.o.

Náhradou dieselu elektropohonem by bylo možné při daných cenách uvedených v tabulce 18 ročně ušetřit přibližně 79 316 Kč bez DPH za jedno vozidlo. Úspora za roční výměnu oleje jednoho vozidla činí 2 250 Kč bez DPH. U elektromobilů odpadá měření emisí, což představuje roční úsporu dalších 290 Kč bez DPH (580 Kč bez DPH/2 roky) na stanici v Humpolci. Celkem by bylo možné dosáhnout úspory pro jedno vozidlo přibližně 81 856 Kč bez DPH.

2.2.2 Fiat E – Ducato

E – Ducato je označení pro plně elektrickou verzi Fiatu Ducato. Automobil je poháněn elektromotorem o výkonu 90 kW s točivým momentem 280 Nm. I Ducato v elektrické verzi má omezenou maximální rychlost na 100 km/h z důvodu prodloužení dojezdu vozidla. Zákazník si může zvolit velikost akumulátoru 47 nebo 79 kWh. Dojezd vozidla s menším tříčlánkovým akumulátorem pro verzi L3H2 je přibližně 235 km, s větším pětičlánkovým akumulátorem je dojezd přibližně 270 km. Dojezd se v reálném prostředí může lišit přesnou specifikací vozidla (výbavou), hmotností převáženého nákladu, trasou vozidla a jízdním stylem řidiče. Doba nabíjení tříčlánkového akumulátoru na 100% kapacitu je standardní 7 kW nabíječkou zhruba 8 hodin, rychlonabíječkou s výkonem 11 kW přibližně 5 hodin a rychlonabíječkou o výkonu 50 kW na 80% kapacitu je to 50 minut. Řidič si může během jízdy (před jízdou) zvolit jeden ze tří dostupných režimů elektromotoru – normal, eco, power. Režim normal je určen pro běžnou jízdu, režim eco pro navýšení dojezdu automobilu a režim power pro krátkodobé navýšení výkonu při převozu těžkého nákladu. Kromě toho elektrické Ducato umožňuje také několik dalších funkcí: plachtění, režim jednoho pedálu a klasické brzdění. Plachtění je úsporným jízdním režimem, který vozidlo automaticky aktivuje v případě, že vozidlo zpomaluje, nebo se pohybuje bez zátěže. V tomto případě elektromotor nespotřebovává energii z akumulátoru. Režim jednoho pedálu dokáže automaticky zpomalit vozidlo, aniž by řidič využil brzdový pedál. Tento režim je aktivován v momentě, kdy řidič uvolní pedál akcelerace a elektromotor začne poskytovat záporný točivý moment. Tím dochází k dobíjení akumulátoru vozidla a zároveň ke snižování rychlosti automobilu. Poslední funkcí je klasické brzdění, které je vždy aktivní bez vlivu na právě zvolený jízdní režim vozidla. Slouží pro aktivaci dobíjení akumulátoru (rekuperaci energie) při sešlápnutí brzdového pedálu. Výhodou je, že akumulátor je jednak dobíjen a zároveň se snižuje opotřebení brzd. Tím vzniká menší množství prachových částic z brzd (výhoda elektromobilů) (5, 36).

Elektrická verze Ducata poskytuje stejné rozměry nákladového prostoru jako v případě dieselové varianty. Objem nákladového prostoru může být v rozmezí od 10 do 17 m^3. Užitečná

hmotnost tohoto vozidla je oproti dieselové verzi nižší, je to 690 – 1 160 kg. Záleží na přesné výbavě automobilu a velikosti akumulátoru. Maximální možné zatížení dieselového Ducata je 1 525 kg (36).

Tabulka 20 obsahuje porovnání technických parametrů elektrického Mastera a Ducata.

Tabulka 20 – Porovnání technických parametrů Mastera E – Tech a E – Ducata

Parametry/vozidla	**Renault Master E – Tech**	**Fiat E – Ducato**
Motorizace		
Výkon [kW]:	57	90
Točivý moment [Nm]:	225	280
Pohon:	Elektro	Elektro
Spotřeba el. energie [kWh]:	29,5 – 39,5	31,4 (33,6)
Kapacita akumulátoru [kWh]:	52	47 (79)
Dojezd podle WLTP [km]:	140 – 204	165 (271)
Maximální rychlost [km/h]:	80 – 100	100
Hmotnosti vozidla		
Užitečné zatížení [kg]:	1 308	765 – 1 060
Pohotovostní hmotnost [kg]:	2 192	2 440 (2 735)
Celková hmotnost [kg]:	3 500	3 500
Lokace servisního centra		
Město:	Humpolec	Humpolec Rozkoš
Základní pořizovací cena vozidel		
Cena bez DPH v Kč:	1 700 000 Kč	1 850 000 Kč

Zdroj: Autor na podkladě (5, 35, 36)

Fiat Ducato má vyšší výkon elektromotoru o 33 kW a vyšší točivý moment o 55 Nm než Renault Master. Master má proti Ducatu také nižší dojezd, jelikož u Ducata je možné zvolit větší variantu akumulátoru, který by byl pro společnost nutný. V tomto případě je rozdíl v dojezdu automobilu přibližně 67 km. Výhodou Mastera oproti Ducatu je vyšší užitečné zatížení o 248 kg v případě menšího akumulátoru u Ducata. Elektrické Ducato je na obrázku 17 (36).

Zdroj: (36)

Obrázek 17 – Fiat E – Ducato

2.2.3 Ford E – Transit

Do současné nabídky dodávkových automobilů je zařazen i elektrický Ford Transit, který je na obrázku 18. V závislosti na výbavě automobilu je možné zvolit výkon elektromotoru, který může být 135 nebo 198 kW. U obou výkonových variant je poháněna vždy zadní náprava vozidla. Slabší varianta elektromotoru je dostupná pouze v kombinaci s nejnižší výbavou Transita s označením BASE 350. Z hlediska pohonu by pro společnost MHA připadala do úvahy slabší verze elektromotoru, která je i tak oproti současným dieselovým vozidlům společnosti o 35 kW výkonnější. Pro uložení elektrické energie je Transit ve všech variantách vybaven akumulátorem s kapacitou 68 kWh a napětím 400 V, který vozidlu se slabším elektromotorem umožňuje dojezd přibližně 256 km. Doba nabíjení akumulátoru z 0 na 100% kapacitu akumulátoru trvá přibližně 8 hodin při využití wallboxu. Při nabíjení stejnosměrným proudem lze akumulátor z 15 na 80 % kapacity nabít přibližně za 34 minut (tedy například během obědové pauzy). Výrobce doporučuje elektrického Transita zákazníkům, jejichž denní trasy jsou dlouhé přibližně 160 km (37, 38).

Společnost MHA by ho mohla využívat pro rozvoz zásilek na kratších trasách v uvedených dojezdových vzdálenostech vozidla.

Zdroj: (38)

Obrázek 18 – Ford E – Transit

Ford E – Transit je stejně jako v dieselové variantě dostupný v několika karosářských specifikacích od velikosti skříně L2 po velikost L4. Ačkoliv rozdíl v délce nákladového prostoru verze L2 a L3 je 450 mm, tak obě verze pojmou pouze čtyři europalety. Do nákladového prostoru varianty L4 je sice možné umístit pět europalet, ale ta je nabízena pouze v kombinaci se zvýšenou střechou H3, která je pro společnost nevyužitelná. V rámci návrhu je uvažována varianta Transita s dlouhým rozvorem L3 a nižší variantou výšky střechy H2 (L3H2) a výkonnostní variantou elektromotoru 135 kW. Základní pořizovací cena vozidla v této specifikaci je 1 488 400 Kč bez DPH (37, 38).

Elektrický Transit má proti dieselové verzi vyšší nakládací hranu o 3 – 5 cm, což může být nevýhodou pro řidiče, který několikrát za den vstupuje do nákladového prostoru. Maximální užitečné zatížení zmíněné varianty Transita je 936 kg (1 405 kg u dieselu). Rozdíl v užitečném zatížení vozidel je tedy 465 kg. Porovnání technických parametrů všech navrhovaných elektrických dodávek je v tabulce 21 (38).

Tabulka 21 – Srovnání technických parametrů elektrických dodávek

Parametry/vozidla	**Renault Master E – Tech**	**Fiat E – Ducato**	**Ford E – Transit**
Specifikace skříně	L3H2	L3H2	L3H2
Motorizace			
Výkon [kW]:	57	90	135
Točivý moment [Nm]:	225	280	430
Pohon:	Elektro	Elektro	Elektro
Poháněná náprava:	Přední	Přední	Zadní
Spotřeba el. energie [kWh]:	29,5 – 39,5	31,4 (33,6)	30,8
Kapacita akumulátoru [kWh]:	52	47 (79)	68
Dojezd podle WLTP [km]:	140 – 204	165 (271)	256
Maximální rychlost [km/h]:	80 – 100	100	130
Hmotnosti vozidla			
Užitečné zatížení [kg]:	908 – 1 308	765 – 1 060	899 – 936
Pohotovostní hmotnost [kg]:	2 192	2 440 (2 735)	2 564 – 2 601
Celková hmotnost [kg]:	3500	3 500	3 500
Lokace servisního centra			
Město:	Humpolec	Humpolec Rozkoš	Pelhřimov
Základní pořizovací cena vozidel			
Cena v Kč bez DPH:	1 700 000	1 850 000	1 488 400

Zdroj: Autor na podkladě (35, 36, 38)

Z technického srovnání elektrických dodávek specifikace L3H2 v tabulce 21 vyplývá, že elektrický Transit má z porovnávaných vozidel nejsilnější elektromotor. Výkonový rozdíl oproti Masteru je 78 kW a oproti Ducatu 45 kW ve prospěch Transita. Tento parametr může ovlivnit případný výběr vozidla, jelikož Master může být pro účely společnosti motoricky výkonově nedostatečný. Transit oproti konkurenčním vozidlům získává také výhodu v maximální rychlosti vozidla, protože jako jediný může jet rychlostí 130 km/h. Maximální rychlost Ducata je 100 km/h, stejně jako u Mastera. Ten ale v některých specifikacích může jet pouze 80 km/h. Z hlediska dojezdu je na tom Ducato a Transit podobně, rozdíl je pouze v jednotkách kilometrů, a to v případě, že u Ducata je uvažována větší verze akumulátoru. Master má ze srovnávaných vozidel nejnižší dojezd, přibližně 200 km. Rychlost a dojezd může

také ovlivnit výběr elektrického dodávkového automobilu, protože vozidla společnosti jezdí převážně delší rozvozové trasy. Užitečné zatížení má nejvyšší Master, jelikož z uvedených vozidel má nejnižší hmotnost, která je ovlivněna hmotností elektromotoru a akumulátoru. Ten má Master nejmenší. Při porovnání pořizovacích cen vozidel je nejdražší Fiat E – Ducato se základní cenou 1 850 000 Kč bez DPH s verzí akumulátoru 79 kWh, následuje Renault E – Master se základní cenou 1 700 000 Kč bez DPH. Nejlevnější je Ford E – Transit, jehož základní pořizovací cena je 1 488 400 Kč bez DPH. Tabulka 22 porovnává náklady na palivo všech navrhovaných elektrických dodávek s dieselovým Masterem.

Tabulka 22 – Porovnání palivových nákladů vozidel za rok 2022

Údaje/vozidla	**Master E – TECH**	**Fiat E – Ducato**	**Ford E – Transit**	**Master Diesel**
Spotřeba paliva/100 km [kWh; l]	35 kWh	33,6 kWh	30,8 kWh	9,4 l
Průměrná cena za kWh/ l v Kč bez DPH	5,79 Kč	5,79 Kč	5,79 Kč	34,54 l
Roční nájezd [km]	65 000 km	65 000 km	65 000 km	65 000 km
Palivové náklady za rok [Kč]	131 723 Kč	126 454 Kč	115 916 Kč	211 039 Kč
Palivové náklady na 1 km	2,03 Kč/km	1,95 Kč/km	1,78 Kč/km	3,25 Kč/km
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	493 km	514 km	561 km	308 km

Zdroj: Autor na podkladě MHA, s.r.o. a (14)

Z tabulky 22 je patrné, že nejnižší palivové náklady má při daných cenách elektrický Ford Transit, které jsou za rok zhruba o 95 000 Kč nižší než u dieselového Mastera. Na základě výše popsaných technických parametrů jednotlivých automobilů lze říci, že elektrické dodávky ve velké karosářské variantě není ideální provozovat na dlouhé trasy po celé České republice. Je to především z důvodu nízkého dojezdu vozidel, který je v rozmezí přibližně 140 až 270 km na jedno nabití akumulátoru a poměrně dlouhých nabíjecích časů, které jsou uvedeny v popisu jednotlivých vozidel. Dalším omezením elektromobilů oproti dieselovým vozidlům je snížená maximální rychlost. U elektrických navrhovaných vozidel je to v rozmezí 80 – 100 km/h (tabulka 21). Z těchto omezení vyplývá, že elektrické dodávky ve specifikaci L3H2 jsou vhodné pro trasy s maximální vzdáleností 200 km od depa, kde by pro společnost MHA mohly do budoucna být náhradou za současné dieselové dodávky.

Vozidlo(a) s elektropohonem by společnost MHA mohla kromě distribuce zásilek využívat pro účely údržby areálu, ve kterém sídlí. Takové vozidlo je navrženo v další podkapitole 2.3.

2.3 Výběr a parametry střední elektro dodávky

V každém areálu společnosti je nutné zajišťovat údržbu za účelem její prosperity. V rámci údržby je třeba nakupovat a převážet různý materiál. Tím vzniká potřeba realizovat městské, maximálně příměstské jízdy po obchodech s různým sortimentem. Z těchto důvodů by k takovým účelům mohla sloužit elektrická dodávka střední velikosti. To může být například Peugeot e – Expert, Opel Vivaro či Fiat Scudo. Tato tři zmíněná vozidla mají stejnou technickou platformu, liší se pouze detailech. Další možností může být Mercedes Benz e –Vito. Pro společnost bude navržen Peugeot e – Expert z důvodu servisního centra v Humpolci a Mercedes Benz eVito.

2.3.1 Peugeot e – Expert

Peugeot e – Expert je poháněn elektromotorem o výkonu 100 kW, který je spojený s automatickou převodovkou. U vozidla je možné zvolit si kapacitu akumulátoru 50 respektive 75 kWh. Dojezd vozidla uvádí výrobce 221 km na jedno nabití s menší variantou akumulátoru. S větším akumulátorem má vozidlo dojezd 317 km. Objem nákladového prostoru je v rozmezí 5,8 – 6,1 m^3 a užitečné zatížení vozidla je 928 – 1163 kg v závislosti na technické a výbavové specifikaci (39).

Stejně jako u všech elektromobilů je i u Experta možné nabíjet akumulátor několika způsoby. Prvním je klasická domácí zásuvka se střídavým proudem, kterou nabíjení 50 kWh akumulátoru trvá 28 hodin. Druhou možností je jednofázový wallbox, který menší akumulátor nabije za 7 hodin a 30 minut. Třetí možností je třífázový wallbox, kterým lze akumulátor nabít za 4 hodiny a 45 minut. Čtvrtou možností je rychlonabíječka se stejnosměrným proudem, kterou lze akumulátor na 80% kapacitu nabít za přibližně půl hodiny. Záruka na akumulátor je 8 let nebo 160 000 km při garanci, že zůstane zachována 70% kapacita akumulátoru (39).

Základní pořizovací cena vozidla ve verzi L3 s menším 50 kWh akumulátorem je 1 141 900 Kč bez DPH. S větším 75 kWh akumulátorem je základní cena Experta 1 301 900 Kč bez DPH. Cenový rozdíl mezi těmito verzemi je 160 000 Kč (39).

Technické parametry e – Experta jsou shrnuty v tabulce 23.

Tabulka 23 – Technické údaje Peugeota e – Expert

Parametry/vozidlo	**Peugeot e – Expert**
Pohon:	Elektro
Poháněná náprava:	Přední
Převodovka:	Automatická
Výkon motoru:	100 kW
Točivý moment motoru:	260 Nm
Kapacita akumulátoru:	50 (75) kWh
Hmotnost akumulátoru:	400 (550) kg
Dojezd vozidla podle WLTP:	221 (317) km
Spotřeba el. energie:	24,1 – 27,7 (25,6 – 28,9) kWh/100 km
Maximální rychlost:	130 km/h
Rozměry karoserie	
Celková délka vozidla:	5 309 mm
Celková šířka vozidla:	2 204 mm
Celková výška vozidla:	1 935 mm
Nákladový prostor	
Délka:	2 862 mm
Šířka:	1 628 mm
Výška:	1 397 mm
Objem nákladového prostoru:	5,8 – 6,1 m^3
Počet europalet:	3 ks
Užitečné zatížení:	928 – 1 163 kg
Pořizovací cena vozidla	
Základní cena v Kč bez DPH (75 kWh):	1 301 900 Kč
Cena nového akumulátoru v Kč bez DPH:	330 000 – 1 000 000 Kč
Cena servisní prohlídky v Kč bez DPH:	2 900 Kč

Zdroj: Autor na podkladě (39, 40)

Na obrázku 19 je Peugeot E – Expert.

Zdroj: (41)

Obrázek 19 – Peugeot e – Expert

2.3.2 Mercedes Benz eVito

Mercedes e – Vito je další zmíněnou možností ve výběru střední velikosti karoserie dodávky s elektrickým pohonem. Vozidlo je vybaveno elektromotorem, který disponuje výkonem 85 kW a točivým momentem 360 Nm. I elektrické Vito má omezenou maximální rychlost na 80 km/h, kterou je ale možné za příplatek zvýšit až na 120 km/h (42).

Kapacita akumulátoru je 66 kWh a dojezd vozidla dosahuje 312 km. Kombinovaná spotřeba proudu činí 21,5 kWh/100 km. Doba nabíjení akumulátoru při využití rychlonabíječky je z 10 na 80% kapacitu přibližně 35 minut. Při nabíjení z klasické zásuvky je nabíjecí doba přibližně 6,5 hodiny (42).

Z hlediska nákladového prostoru je možné vybírat ze dvou variant karoserie, tj. kratší a delší verze. Kratší verze má celkovou délku karoserie 5 140 mm a delší verze 5 370 mm. Objem nákladového prostoru menší karosářské varianty činí 6 m^3, u větší varianty 6,6 m^3. Celková hmotnost vozidla je 3 200 kg, přičemž užitečné zatížení vozidla je v rozmezí 1 007 – 1 035 kg podle specifikace vozidla. Na obrázku 20 je elektrické Vito a tabulka 24 obsahuje jeho technické parametry v porovnání s Expertem (42).

Zdroj: (43)

Obrázek 20 – Mercedes eVito

Tabulka 24 – Porovnání parametrů eVita a e – Experta

Parametry/vozidla	**Mercedes – Benz eVito Long**	**Peugeot e – Expert L3 75 kWh**
Pohon	Elektro	Elektro
Převodovka	Automatická	Automatická
Výkon motoru [kW]:	85	100
Točivý moment motoru [Nm]:	360	260
Kapacita akumulátoru [kWh]:	66	50 (75)
Hmotnost akumulátoru [kg]:	500	400 – 550
Dojezd vozidla podle WLTP [km]:	312	221 (317)
Spotřeba el. energie [kWh/100 km]:	21,5	24,1
Maximální rychlost [km/h]:	80 – 120	130
Celková délka vozidla [mm]:	5 370	5 309
Celková šířka vozidla [mm]:	2 249	2 204
Celková výška vozidla [mm]:	1 966	1 935
Objem nákladového prostoru [m^3]:	6 – 6,6	5,8 – 6,1
Počet europalet:	3	3
Užitečné zatížení [kg]:	1 007 – 1 035	928 – 1 163
Základní pořizovací cena v Kč bez DPH:	1 263 500	1 301 900

Zdroj: Autor na podkladě (39, 42, 43)

V tabulce 25 je porovnání nákladů na elektřinu srovnávaných vozidel.

Tabulka 25 – Porovnání nákladů na elektřinu v rámci nabíjení eVita a e – Experta

Údaje/vozidla	Mercedes eVito	Peugeot e – Expert
Spotřeba elektřiny/100 km [kWh]:	21,5	24,1
Cena elektřiny bez DPH [Kč]:	5,79	5,79
Uvažovaný roční nájezd [km]:	15 000	15 000
Náklady na elektřinu za rok [Kč]:	18 673 Kč	20 931 Kč
Palivové náklady na 1 km [Kč]:	1,24	1,40
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč [km]:	803	717

Zdroj: Autor na podkladě (39, 42)

Z tabulky 25 je zřejmé, že za uvedených podmínek je výhodnější provoz elektrického Vita.

2.4 Výběr a parametry dodávkového vozidla s vodíkovým pohonem

Na trh začínají vstupovat i dodávková vozidla s vodíkovým pohonem. Jak již bylo zmíněno v první kapitole, vodíkový pohon má do budoucna velký potenciál, protože při jízdě neprodukuje žádné emise a tankování vodíku do automobilu je časově srovnatelné s tankováním dieselu. To je velká výhoda a vodík se tak může stát vhodnou alternativou, která bude nahrazovat současné spalovací motory. Neustále probíhá vývoj nových automobilů s tímto pohonem a rozšiřuje se tak jejich nabídka. Už nyní se začínají budovat první vodíkové čerpací stanice a postupně dochází k jejich nárustu. Tím, že bude rozšířena infrastruktura a vodíková vozidla se budou více využívat, tak lze očekávat snížení pořizovacích cen a provozních nákladů automobilů s vodíkovým pohonem.

Druhou možností tankování paliva je samostatná výroba vodíku pomocí fotovoltaické elektrárny a elektrolýzou vody. Tím se označuje jev, při kterém prochází vodou elektrický proud a rozštěpuje vazby mezi vodíkem a kyslíkem, na které se voda rozkládá (obrázek 21). Účinnost elektrolýzy je přibližně 55 až 60 %. Nevýhodou tohoto procesu je poměrně velká spotřeba vody, jelikož pro výrobu jednoho kilogramu vodíku je třeba 9 litrů vody a 60 kWh elektrické energie. Pro společnosti s vlastními fotovoltaickými elektrárnami by výroba vodíku mohla být zajímá, protože pro jeho výrobu je možné využití vyrobené přebytečné elektrické

energie. To je ve chvíli, kdy elektrárny produkují maximální množství el. energie, ale v síti neprobíhá odpovídající odběr elektřiny (44).

Zdroj: (44)

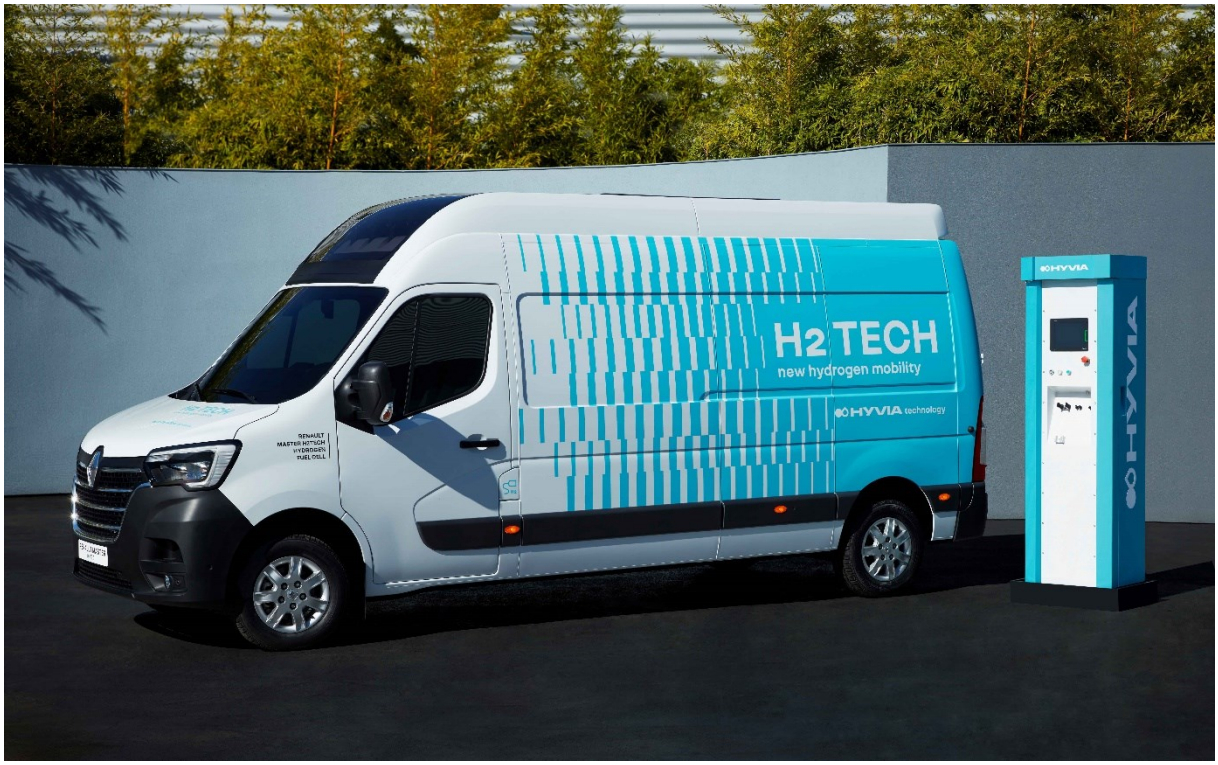
Obrázek 21 – Schéma výroby vodíku elektrolýzou vody

Vodíkový pohon má oproti pohonu elektrickému podstatnou výhodu v tom, že vodík lze do nádrží vozidla doplnit během pár minut, zatímco dobíjení akumulátoru vozidla trvá v řádech desítek minut při využití rychlonabíječky. Výroba vodíku by tak pro firmy s vlastní výrobou elektrické energie mohla být vhodným doplněním využití solární elektrárny. V budoucnu by tak mohly provozovat vozový park bez závislosti na veřejných čerpacích vodíkových stanicích.

2.4.1 Renault Master HYVIA VAN H_2 TECH

V kategorii dodávkových vozidel specifikace L3H2 s vodíkovým pohonem je na současném trhu k dispozici pouze jedno vozidlo. Jedná se o Renault Master, který je upraven společností HYVIA na vodíkový pohon. Francouzská společnost HYVIA se zaměřuje na vývoj a výrobu vodíkových pohonů vozidel včetně čerpacích stanic. Ve spolupráci s automobilkou Renault vyrábí vodíkové dodávky Master HYVIA, které jsou dostupné ve třech karosářských variantách. První je zmíněný VAN (furgon), druhou je Master citybus a třetí variantou je dodávka s nástavbou. V této práci je navrženo vozidlo ve verzi VAN (obrázek 22) (45, 46).

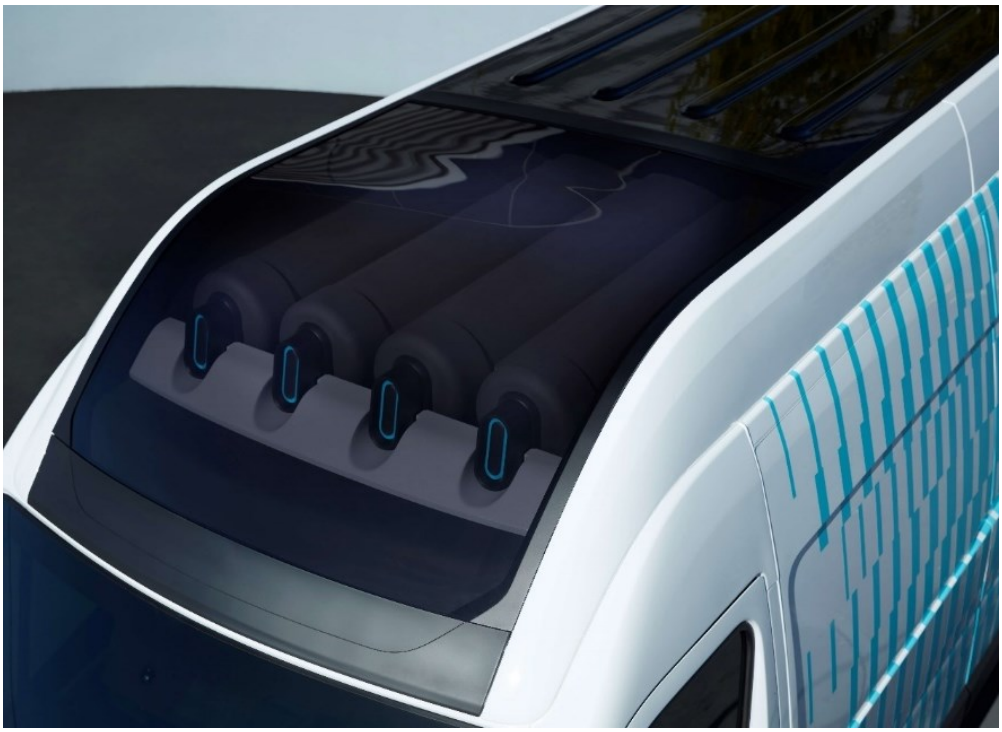
Vozidlo je poháněno kombinací vodíkových článků a elektropohonu, nejedná se tak o čistě vodíkový pohon. Vodíkové články a nádrže jsou umístěny ve střeše vozidla (obrázek 23). Palivové články mají výkon 30 kW. Jejich úkolem je přeměňovat vodík na elektrickou energii, která následně napájí elektromotor nebo dobíjí akumulátor. Vodíkové nádrže se skládají ze čtyř tlakových lahví o celkové kapacitě 6,4 kg vodíku. Jejich naplnění trvá přibližně 5 minut. Dojezdová vzdálenost vozidla na vodík je zhruba 400 km. Dále je také vozidlo vybaveno elektromotorem o výkonu 57 kW a akumulátorem s kapacitou 33 kWh. Dojezd automobilu na nabitý akumulátor je přibližně 100 km. Celkový dojezd vozidla dosahuje 500 km. Orientační pořizovací cena tohoto vozidla je 120 tisíc eur (2 900 000 Kč) (45, 46, 47).



Zdroj: (45)

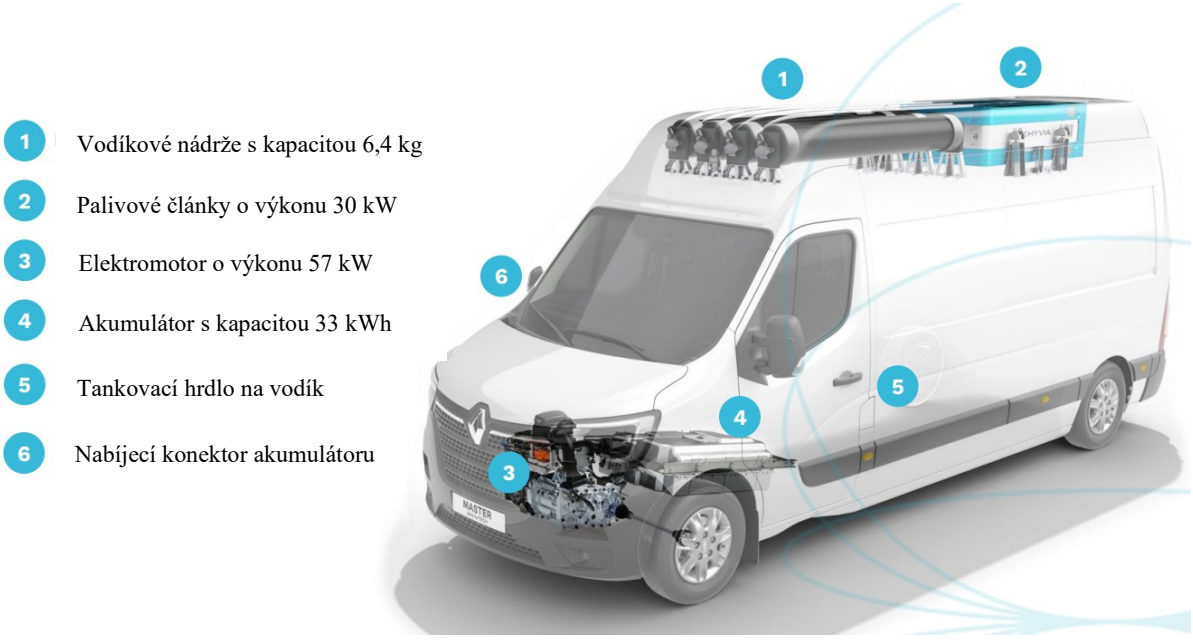
Obrázek 22 – Renault Master HYVIA VAN H2 TECH

Technický základ tohoto vozidla tvoří klasická karoserie jako v případě dieselového Mastera ve specifikaci L3H2, která je ale upravena pro vodíkový pohon (obrázek 23 a 24). Úpravy spočívají ve zvýšení střechy vozidla, ve které jsou zmíněné vodíkové nádrže a palivové články. Umístěním nádrží ve střeše vozidla se přesouvá těžiště vozidla do vyššího bodu. To v reálném prostředí může negativně ovlivnit stabilitu vozidla proti nižšímu a lehčímu dieselovému Masteru (45, 46).



Zdroj: (46)

Obrázek 23 – Integrované vodíkové nádrže ve střeše automobilu



Zdroj: (46) s překladem autora

Obrázek 24 – Schéma částí vozidla Renault Master HYVIA VAN H2 TECH

Nevýhodou vodíkového Mastera je vyšší celková hmotnost vozidla oproti dieselovému, jelikož vodíkový Master spadá do kategorie vozidel N2, tzn. že celková hmotnost tohoto vozidla převyšuje 3,5 tuny. Master s vodíkovým pohonem má celkovou hmotnost 3 940 kg. V České republice by tak pro řízení tohoto vozidla bylo zapotřebí řidičské oprávnění skupiny C. Situace by se ale měla brzy změnit, jelikož se pro tato vozidla připravuje výjimka pro řízení.

Ta spočívá v rozšíření současné skupiny B na řízení vozidel s celkovou hmotností do 4 250 kg. Ačkoliv se jedná o nákladní automobil, tak není třeba hradit výkonové zpoplatnění za využití pozemních komunikací, jelikož je vozidlo poháněno elektrickým a vodíkovým pohonem pro které platí výjimka. Tabulka 26 obsahuje technické údaje vodíkového Mastera (1, 29, 45, 48).

Tabulka 26 – Technické údaje Mastera Hyvia H2

Parametry/vozidlo	**Renault Master HYVIA H_2**
Pohon:	Vodík + Elektro
Dojezd vozidla na vodík:	400 km
Dojezd vozidla na elektřinu podle WLTP:	100 km
Celkový dojezd vozidla:	500 km
Tankování vodíku:	5 minut
Kapacita akumulátoru:	30 kWh
Doba nabíjení akumulátoru palubní nabíječkou (7kW):	6 hodin
Maximální rychlost vozidla:	90 km/h
Rozměry vozidla	
Celková délka:	6 225 mm
Celková výška:	2 850 mm
Šířka včetně zpětných zrcátek:	2 470 mm
Vnitřní výška:	1 800 mm
Rozvor náprav:	4 332 mm
Zadní převis karoserie:	1 024 mm
Hmotnosti vozidla	
Pohotovostní hmotnost:	2 854 kg
Užitečné zatížení:	1 086 kg
Celková hmotnost:	3 940 kg
Objem nákladového prostoru:	12 m^3
Přibližná pořizovací cena vozidla (DPH neuvedeno)	2 900 000 Kč

Zdroj: Autor na podkladě (45, 46, 47)

V současné době jsou v České republice v provozu tři veřejné vodíkové čerpací stanice, v Ostravě, v Litvínově a v Praze. Poslední z nich byla uvedena do provozu 10.3. 2023. K tomuto datu byla cena 1 kg vodíku 229,75 Kč bez DPH. Předpokládá se, že cena vodíku by do roku 2027 mohla klesnout přibližně na 90 Kč za kilogram s DPH (tj. přibližně 75 Kč bez DPH). V následujících tabulkách 27 a 28 je porovnání nákladů na provoz pro uvedené ceny vodíku (22, 23, 25).

Tabulka 27 – Porovnání nákladů na palivo vodíkového a dieselového Mastera v roce 2023

Údaje/vozidla	**Master HYVIA H_2**	**Master Diesel**
Spotřeba paliva na 100 km	1,5 kg	9,4 l
Průměrná cena paliva bez DPH	229,75 Kč/kg	29,69 Kč/l
Roční nájezd	65 000 km	65 000 km
Palivové náklady/rok	224 006 Kč	181 406 Kč
Palivové náklady na 1 km	3,45 Kč	2,79 Kč
Ujetá vzdálenost za 1 000 Kč	290 km	358 km

Zdroj: Autor na podkladě (23, 49)

Tabulka 28 – Porovnání nákladů na palivo vodíkového a dieselového Mastera v roce 2027

Údaje/vozidla	**Master HYVIA H_2**	**Master Diesel**
Spotřeba paliva na 100 km	1,5 kg	9,4 l
Průměrná cena paliva bez DPH	74,13 Kč/kg	29,69 Kč/l
Roční nájezd	65 000 km	65 000 km
Palivové náklady/rok	72 277 Kč	181 406 Kč
Palivové náklady na 1 km	1,11 Kč	2,79 Kč
Ujetá vzdálenost za 1 000 Kč	899 km	358 km

Zdroj: Autor na podkladě (25, 49)

Spotřebu vodíku výrobce vozidla neudává. Pro tyto účely byla zjištěna na základě objemu vodíkových nádrží (6,4 kg) a dojezdu vozidla na vodík (400 km). Jedná se pouze o orientační hodnotu pro výpočet, která se v reálném provozu může lišit. Při současné ceně vodíku je z tabulky 27 patrné, že náhrada dieselových vozidel vodíkovými se za těchto podmínek nevyplatí. Cenový rozdíl na palivu je více než 40 000 Kč pro jedno vozidlo za rok. Situace se ale během několika let může změnit a pokud by cena vodíku v roce 2027 byla podle

předpokladu přibližně 75 Kč bez DPH/kg, vychází tak vodíkový pohon oproti dieselu výhodněji. V tomto případě by roční úspora na palivu činila více než 109 000 Kč pro jedno vozidlo. Záleží také na budoucím vývoji cen dieselu (25).

U vodíkových vozidel je úspora také v rámci servisu, protože odpadá výměna motorového oleje. U dieselové dodávky při intervalu výměny oleje 40 000 km a ročním nájezdu 65 – 70 000 km je třeba jednou ročně motorový olej vyměnit.

Pro výpočet finančních úspor za výměnu motorového oleje za rok byly uvažovány následující parametry:

- Servisní interval výměny oleje 40 000 km,
- Cena 6-ti litrů oleje 1 100 Kč bez DPH,
- Cena olejového filtru 250 Kč bez DPH,
- Cena za výměnu oleje (práci) 900 Kč bez DPH.

Tabulka 29 – Úspora za výměnu oleje při provozu vodíkových dodávek

Počet vozidel	Roční nájezd [km]	Počet výměn oleje	Množství oleje [l]	Množství filtrů [ks]	Cena za olej [Kč]	Cena za filtry [Kč]	Cena za práci [Kč]
1	65 000	1	6	1	1 100	250	900
Úspora za výměnu oleje 1 vozidla vč. práce					**2 250 Kč bez DPH**		
3	65 000	3	18	3	3 300	750	2 700
Úspora za výměnu oleje 3 vozidel vč. práce					**6 750 Kč bez DPH**		
6	65 000	6	36	6	6 600	1 500	5 400
Úspora za výměnu oleje 6 vozidel vč. práce					**13 500 Kč bez DPH**		

Zdroj: Autor na podkladě MHA, s.r.o.

Při cenách uvedených v tabulce 27 by při provozování vodíkových vozidel bylo možné ročně ušetřit přibližně 40 000 Kč na palivu. Stejně jako u elektrických vozidel se ani u vodíkových vozidel nemění olej, tudíž i zde vznikají úspory za tento servisní úkon. Úspory jsou stejné jako u elektrovozidla, tedy 2 250 Kč bez DPH/vozidlo. U vodíkových vozidel se rovněž neprovádí měření emisí, tím lze ušetřit dalších 290 Kč bez DPH pro jedno vozidlo. Po celkovém sečtení jsou úspory v rámci vodíkového pohonu přibližně

42 500 Kč bez DPH/vozidlo. Při budoucím zlevňování vodíku úspory samozřejmě ještě vzrostou 42 500 Kč bez DPH/vozidlo.

2.4.2 Peugeot e – Expert Hydrogen a Opel Vivaro e – Hydrogen

Kategorii střední velikosti dodávek zastupuje Peugeot e – Expert Hydrogen (obrázek 25) a Opel Vivaro H_2. Obě vozidla jsou vyráběna stejným automobilovým koncernem, proto využívají stejnou techniku řešení. V rámci návrhu byl vybrán Peugeot, jehož servisní centrum se nachází v Humpolci, stejně jako sídlo společnosti MHA.

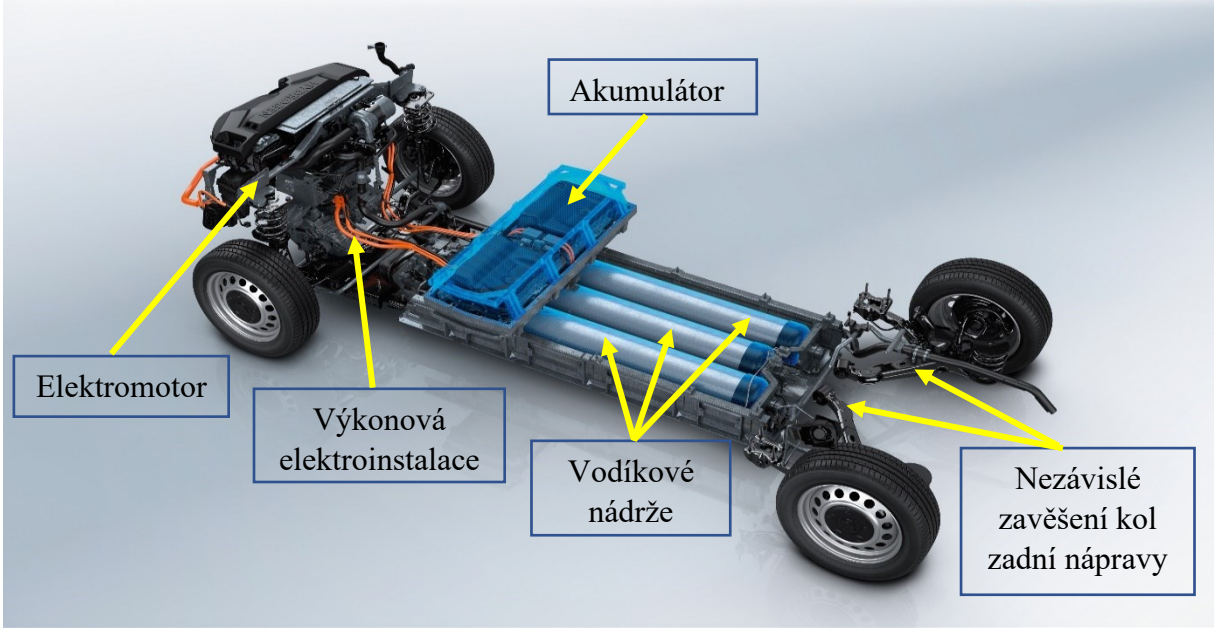
Zdroj: (50)

Obrázek 25 – Peugeot e – Expert Hydrogen včetně vodíkové čerpací stanice

Jedná se o elektrickou verzi dodávky, která je navíc doplněna vodíkovými palivovými články. Ty jsou umístěny pod podlahou ložného prostoru (obrázek 26), tudíž nedochází ke zmenšení nákladového prostoru. Princip pohonu je stejný jako u Mastera HYVIA, tzn. že palivové články zajišťují z vodíku výrobu elektrické energie, která je potřebná pro pohon vozidla (elektromotoru). Dále je vozidlo vybaveno lithium–iontovým akumulátorem s kapacitou 10,5 kWh, který v určitých situacích napájí elektromotor. Může to být například při jízdě vozidla do stoupání nebo při potřebné akceleraci, kdy vozidlo spotřebuje více paliva (energie). Elektromotor o výkonu 100 kW s točivým momentem 260 Nm pohání přední

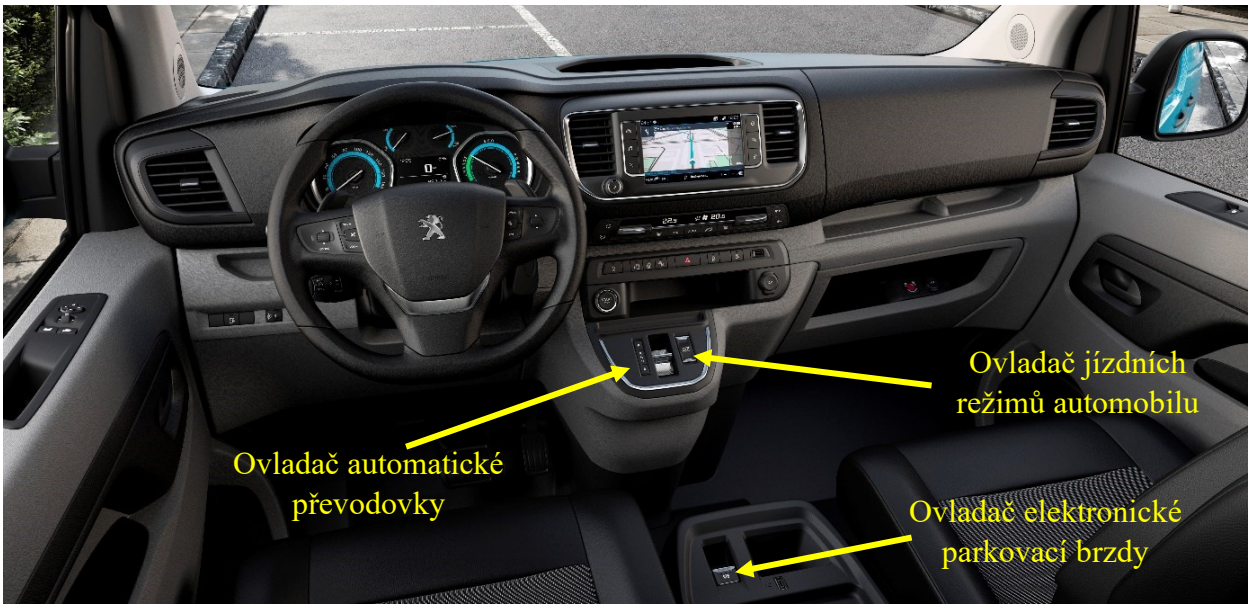
nápravu a je spojen s automatickou převodovkou (reduktorem). Při jízdě vozidla si řidič může zvolit jeden ze tří jízdních režimů motoru a převodovky – eco, normal a power. Režim eco je zaměřen především na úspornou jízdu a pro vyšší dojezd vozidla. V tomto režimu je omezen výkon elektromotoru na 60 kW a 190 Nm. Režim normal je určen pro každodenní běžný provoz. Výkon elektromotoru v režimu normal je 80 kW a 210 Nm. Poslední režim power lze využít v případě přepravy těžkého nákladu a výkon elektromotoru lze navýšit na 100 kW a 260 Nm. Výhodou jsou také dva brzdící režimy vozidla, mírný a vyšší, v rámci kterých lze energii rekuperovat. Mírný brzdící režim je stejný jako u vozidla s klasickým spalovacím motorem. Vyšší brzdící režim je aktivován v případě, když řidič uvolní pedál akcelerace (50).

Peugeot e – Expert Hydrogen je dostupný ve dvou délkách karoserie – L2 a L3 s maximálním možným objemem nákladového prostoru 6,1 m^3. Maximální užitečné zatížení může být 1 100 kg a k vozidlu je možné připojit přívěs s celkovou hmotností 1 000 kg. Výhodou vozidla je, že vodíková vestavba (obrázek 26) nesnižuje nosnost vozidla. Na přístrojové desce (obrázek 27) vozidla je tlačítko pro volbu zmíněných jízdních režimů, dále ukazatel množství vodíku a hladiny nabití akumulátoru. Tabulka 30 obsahuje parametry vodíkového Peugeota (50).



Zdroj: (50) s popisem autora

Obrázek 26 – Podvozková platforma s komponenty vodíkového pohonu Experta



Zdroj: (50) s popisem autora

Obrázek 27 – Přístrojová deska Peugeota

Tabulka 30 – Technické údaje Peugeota e – Expert Hydrogen

Údaje/vozidlo	**Peugeot e – Expert Hydrogen**
Pohon:	Vodík + Elektro
Výkon motoru:	100 kW
Točivý moment:	260 Nm
Dojezd na vodík:	350 km
Dojezd na elektřinu:	50 km
Celkový dojezd podle WLTP:	400 km
Doba tankování vodíku:	3 minuty
Objem vodíkových zásobníků:	4,4 kg
Kapacita akumulátoru:	10,5 kWh
Doba nabíjení akumulátoru	
Wall box – 32 A	Max. 1 hodina
Zesílená zásuvka – 16A	3 hodiny
Standardní zásuvka – 8A	6 hodin
Maximální užitečné zatížení:	1 100 kg
Pořizovací cena vozidla:	Nezjištěna

Zdroj: Autor na podkladě (50)

2.5 Produkce emisí navrhovaných automobilů s alternativními pohony

V rámci provozu automobilů po pozemních komunikacích vznikají emise hluku, výfukových plynů, prachových částic z brzd a emise z otěru pneumatik vlivem jízdy po povrchu vozovky. Elektromobily jsou často prezentovány jako bezemisní vozidla, nicméně tento fakt platí pouze v jednom případě. Tím je lokální bezemisní provoz, tzn. že elektrická vozidla mají nulové emise CO_2 během jízdy. Emise z otěru pneumatik a prachových částic brzd zůstávají. Proti spalovacím motorům jsou ale emise z brzd u elektromobilů nižší, jelikož mohou při brzdění rekuperovat. U elektrických automobilů je třeba do provozu zahrnout ještě výrobu elektrické energie a energetickou náročnost akumulátorů. V případě vodíkového pohonu je to výroba vodíku, palivových článků a také výroba akumulátorů. Pro výpočet emisí výroby el. energie bylo počítáno se dvěma variantami výroby elektřiny. První je výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických elektráren na střechách budov. Pro ty je emisí faktor 42,50 g CO_2/kWh. Tento údaj byl získán mediánem z rozmezí hodnot z webu veronica.cz – ekologický institut. Druhou možností je výroba energie pomocí různých typů elektráren, pro které v ČR platil emisní faktor 390 g CO_2/kWh pro rok 2021. Tento údaj byl zjištěn z webu ministerstva průmyslu a obchodu ČR. Na základě průměrné spotřeby elektřiny automobilu (z jednotlivých tabulek navrhovaných vozidel) a faktoru pro výrobu elektrické energie je možné vypočítat emise při provozu elektromobilů. V tabulce 31 jsou uvedeny spotřeby elektřiny jednotlivých vozidel a zároveň vypočítané hodnoty emisí CO_2 (51, 52).

1) Emise CO_2 z výroby elektrické energie

Tabulka 31 – Výpočet emisí při nabíjení elektrických dodávek solární elektrárnou

Fotovoltaické střešní elektrárny – emisní faktor 42,5 g CO_2/kWh				
Vozidla	**Spotřeba elektřiny v kWh/100km**	**Emise CO_2 [g/km]**	**Emise CO_2 100 000 km [t]**	**Emise CO_2 300 000 km [t]**
Ford E – Transit	30,8	13	1,3	3,9
Renault E – Master	34,5	15	1,5	4,4
Fiat E – Ducato	33,6	14	1,4	4,3

Zdroj: Autor na podkladě (51, 53)

U vozidla Renault E – Master je spotřeba elektřiny výrobcem udávána v rozmezí 29,5 až 39,5 kWh/100 km. V rámci tohoto výpočtu bylo počítáno se střední hodnotou spotřeby, tedy 34,5 kWh/100 km. Emise v gramech na kilometr byly vypočítány vydělením spotřeby el. energie daného vozidla stem a následně vynásobením faktorem emisí pro fotovoltaické elektrárny (42,5). Ukázka výpočtu pro vozidlo Ford E – Transit:

$(30{,}8/100) \cdot 42{,}5 = 13$ g CO_2/km (vypočtené hodnoty byly zaokrouhleny).

Pro vyčíslení emisí při ujetí 100 000 km a 300 000 km bylo třeba vynásobit hodnotu emisí v g/km počtem kilometrového nájezdu, tedy 100 000, respektive 300 000 a následně hodnotu převést na příslušné jednotky (kg, t CO_2). Na základě vypočítaných hodnot byla zvolenou jednotkou tuna. Tabulka 32 obsahuje vypočítané emise CO_2 při výrobě elektřiny v běžných elektrárnách.

Tabulka 32 – Výpočet emisí CO_2 při nabíjení elektrických dodávek

Elektrárny v ČR – emisní faktor 390 g CO_2/kWh				
Vozidla	**Spotřeba elektřiny v kWh/100km**	**Emise CO_2 [g/km]**	**Emise CO_2 100 000 km [t]**	**Emise CO_2 300 000 km [t]**
Ford E – Transit	30,8	120	12,0	36,0
Renault E – Master	34,5	135	13,5	40,4
Fiat E – Ducato	33,6	131	13,1	39,3

Zdroj: Autor na podkladě (52, 53)

Pro tento případ je výpočet stejný jako v předchozí variantě, pouze s jiným emisním faktorem, který je 390 g CO_2/kWh obecně pro elektrárny v ČR.

V případě, že by společnost MHA do budoucna provozovala elektrické automobily, potřebná elektrická energie by byla vyráběna převážně střešní solární elektrárnou společnosti.

2) Emise CO_2 z výroby akumulátorů do elektromobilů

Emise CO_2 vznikají i při výrobě akumulátorů do elektrických vozidel. Ty lze vypočítat na základě následujícího vzorce (2):

$$emise_{bat} = \frac{111 * C * f_{CO_2}}{1000} [t\ CO_2] \quad (2)$$

Kde: $emise_{bat}$….vypočítaná hodnota emisí CO_2 při výrobě baterií

111……průměrná spotřebovaná energie v kWh/kWh

C…….. kapacita akumulátoru vozidla

f_{CO2}…….. emisní faktor ČR v kg/kWh (0,39)

Výsledné hodnoty emisí CO_2 z výroby baterií pro navrhovaná vozidla jsou vypočítány podle vzorce (2) v tabulce 33.

Tabulka 33 – Vyprodukované emise CO_2 při výrobě baterií

Vozidla	**Kapacita akumulátoru [kWh]**	**Emise při výrobě baterií [t CO_2]**
Ford E – Transit	68	2,9
Renault E – Master	79	2,3
Fiat E – Ducato	52	3,4
Master Hyvia H_2	33	1,4

Zdroj: Autor na podkladě (53)

Kapacity akumulátorů jsou převzaty z jednotlivých tabulek navrhovaných elektrických dodávek.

3) Emise CO_2 z provozu vozidel (Tank to Wheel – TTW)

Při jízdě elektromobilů jsou lokální emise CO_2 nulové. U spalovacích dieselových motorů emise CO_2 vznikají a lze je vypočítat podle následujícího vzorce (3):

$$emise_{jízda} = \frac{26{,}83 * spotřeba\ paliva * L}{10^6}\ [\text{t } CO_2/100\ 000\ \text{km}] \quad (3)$$

Kde: $emise_{jízda}$……vypočítaná hodnota emisí CO_2 při jízdě automobilu
26,83……..množství CO_2 g/km vzniklého při spálení 1 litru nafty
L…….ujetá vzdálenost vozidla (100 000 km)

Podle vzorce (3) jsou tyto emise pro dieselový pohon vypočítány v tabulce 34.

Tabulka 34 – Vyprodukované emise CO_2 při provozu vozidla

Pohon	**Spotřeba paliva [l/100 km]**	**Vypočítané emise z provozu vozidla [t CO_2/100 000 km]**
Diesel	9,4	25,22
Elektro		0

Zdroj: Autor na podkladě (53)

4) Emise CO_2 při výrobě paliva (Well to Wheel – WTW)

Emise vznikají i při výrobě paliva, v tomto případě dieselu. Je třeba ještě započítat emise vyprodukované při těžbě ropy a jejím následném zpracování. Na základě analýzy životního cyklu fosilních paliv pro Centrum dopravního výzkumu byl stanoven koeficient 10,62 % pro automobily s dieselovým motorem, kterým je třeba navýšit emise CO_2 vyprodukované při jízdě automobilu. Vzorec pro výpočet je tedy následující (4):

$$emise_{nafta} = \frac{10{,}62}{100} * emise_{jízda}\ [\text{t } CO_2/100\ 000\ \text{km}] \quad (4)$$

Kde: $emise_{nafta}$……vypočítaná hodnota emisí CO_2 při výrobě nafty
10,62……..koeficient navýšení emisí CO_2 vzniklých při jízdě vozidla (o 10,62 %)

Tyto emise jsou pro diesel vypočítány v tabulce 35.

Tabulka 35 – Vyprodukované emise CO_2 při výrobě dieselu

Pohon	**Vypočítané emise při výrobě dieselu [t CO_2/100 000 km]**
Diesel	2,68

Zdroj: Autor na podkladě (53)

5) Emise CO_2 při výrobě vodíku

Emise vznikají i při výrobě vodíku. V rámci výroby jednoho kilogramu vodíku je vyprodukováno 9 až 12 kg CO_2 (střední hodnota je 10,5 kg CO_2). Vypočítané hodnoty jsou v tabulce 36 (54).

Tabulka 36 – Produkce emisí CO_2 při výrobě vodíku

Výroba vodíku – 10,5 kg CO_2/ 1kg H_2				
Vozidlo	**Spotřeba vodíku kg/100km**	**Emise CO_2 [kg/km]**	**Emise CO_2 100 000 km [t]**	**Emise CO_2 300 000 km [t]**
Master Hyvia H_2	1,5	0,16	15,8	47,3

Zdroj: Autor na podkladě (54)

Výrobce u tohoto vozidla neudává spotřebu vodíku, tudíž byla získána z objemu vodíkových nádrží vozidla (6,4 kg) a dojezdu vozidla na vodík (400 km). Výsledná spotřeba je pouze přibližná a v reálném prostředí se může lišit.

6) Celkové shrnutí emisí CO_2

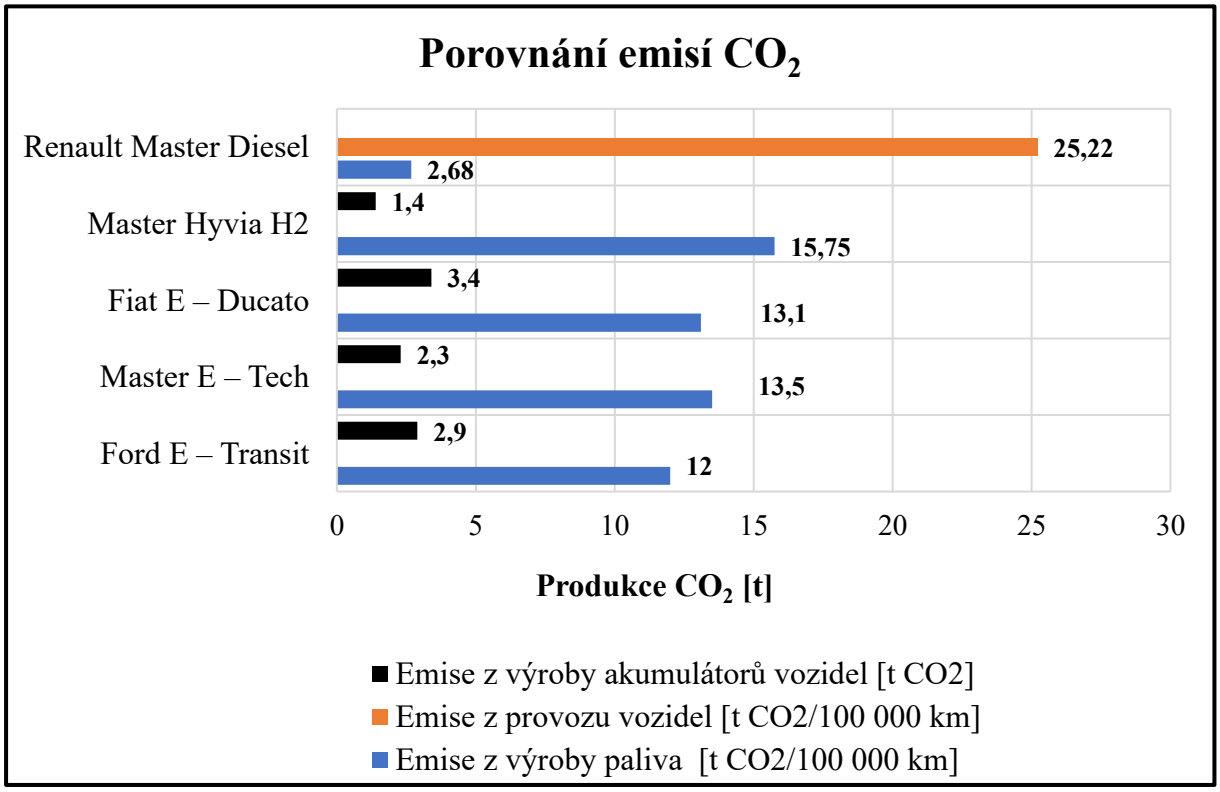
Tabulka 37 shrnuje vypočítané hodnoty emisí CO_2 a je z ní patrné, že emise elektromobilů jsou nižší než u vozidla s dieselovým spalovacím motorem. V praxi mohou být emise elektromobilů vyšší než vypočítané hodnoty, protože je třeba započítat ještě koeficient navýšení spotřeby el. energie vlivem topení, ztráty energie při nabíjení a účinnost přenosu elektřiny sítí. Vzorec s těmito faktory nebyl použit, protože obsahuje zmíněné navýšení ztrát při nabíjení. Tuto hodnotu má každý automobil odlišnou a pro navrhovaná vozidla nebyly příslušné hodnoty zjištěny. Proto byl výpočet proveden součinem spotřeby el. energie vozidla a příslušným emisním faktorem. Pro porovnání je shrnutí vypočítaných emisí CO_2 znázorněno na obrázku 28 (53).

Tabulka 37 – Celkové shrnutí emisí CO_2 při provozu vozidel

Vozidla	Emise z výroby paliva [t CO_2/100 000 km]	Emise z provozu vozidel [t CO_2/100 000 km]	Emise z výroby akumulátorů vozidel [t CO_2]
Ford E – Transit	12	0	2,9
Master E – Tech	13,5	0	2,3
Fiat E – Ducato	13,1	0	3,4
Master Hyvia H_2	15,8	0	1,4
Renault Master Diesel	2,68	25,22	x

Zdroj: Autor

Na obrázku 28 je porovnání emisí CO_2 znázorněno graficky.



Zdroj: Autor

Obrázek 28 – Porovnání emisí CO_2 navrhovaných automobilů

2.6 Multikriteriální analýza pro výběr vhodného dodávkového vozidla s alternativním pohonem

Multikriteriální analýza se používá pro stanovení maximálního užitku porovnávaných věcí (například právě u automobilů apod.) na základě váhy jednotlivých kritérií. Z podkapitoly 1.3.1 je zřejmé, že pro společnost je důležité celkové shrnutí několika technických parametrů vozidla, nikoliv například jeden rozhodující parametr. Jde tedy o celkový maximální užitek vozidla, proto byla použita metoda WSA (metoda váženého součtu) pro stanovení maximalizace váženého součtu.

Aby bylo možné multikriteriální analýzu provést, bylo třeba stanovit zohledňované parametry a váhy kritérií. Ty pro tuto analýzu byly stanoveny společností MHA. Kritéria a jejich pořadí jsou následující: pořizovací cena vozidla, palivové náklady na jeden kilometr, užitečné zatížení vozidla, dojezd vozidla, vzdálenost servisního centra a objem nákladového prostoru. Pořizovací cena vozidla je kritériem s největší váhou a objem nákladového prostoru naopak kritériem s váhou nejnižší. Údaje o vozidlech byly použity z jednotlivých tabulek vozidel z předchozích podkapitol.

Metoda WSA byla použita pro každý pohon samostatně. Postup provedení vícekriteriální analýzy spočívá v následujících krocích. Prvním krokem je sestavení tabulky se šesti kritérii. Kritéria byla zmíněna a seřazena výše. Pro daný pohon byla do tabulky dosazena jednotlivá vozidla, pro které byla doplněna zohledňovaná kritéria. V rámci druhého kroku bylo třeba převést všechna kritéria na maximalizační, jelikož byl hledán maximální užitek vozidla. Na maximalizační kritérium byly převedeny pořizovací ceny vozidel, palivové náklady na kilometr a vzdálenosti servisních center. Následuje stanovení ideální a bazální varianty. Cílem ideální varianty je stanovit pro všechna kritéria maximální hodnoty. U bazální varianty je to přesně naopak, cílem je pro všechna kritéria stanovit minimální hodnoty. Ve třetí fázi došlo k transformaci matice, která vždy spočívala v odečtení bazální varianty od hodnoty daného kritéria a následně byla hodnota rozdílu vydělena ještě rozdílem ideální a bazální varianty (podle vzorce 5). V následujícím kroku bylo třeba stanovit váhy pro jednotlivá kritéria. K tomu byla využita metoda pořadí, v rámci které byla kritéria seřazena podle důležitosti. Pro pohon CNG bylo celkem 6 kritérií očíslovaných od 6 do 1. Přičemž hodnota 6 udává nejdůležitější kritérium a hodnota 1 nejméně důležité kritérium. Pro elektromobily bylo kritérií 8. Pro CNG pohon byl následně proveden součet čísel od 1 do 6 (podle pořadí kritérií v předchozím odstavci). Ten byl roven hodnotě 36. V další fázi bylo vždy každé kritérium s přirazeným

číslem důležitosti vyděleno celkovým součtem pořadí kritérií, v případě pohonu CNG je to 36. Takto byly zjištěny váhy každého kritéria, přičemž celkový součet vah kritérií je vždy roven 1. V poslední fázi byl pomocí skalárního součinu (vzorec 6) transformované matice a vah kritérií zjištěn maximální užitek vozidla. Obdobným způsobem tomu bylo i v případě elektropohonu, jen s tím rozdílem, že zde bylo celkem 8 kritérií. Výsledky užitku jednotlivých vozidel vyšly v desetinných číslech, která byla následně převedena na procenta. Zhodnocení jednotlivých variant multikriteriální analýzy je v kapitole 3.

Vzorce pro metodu WSA:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \tag{5}$$

Kde: r_{ij}……..maximalizovaná hodnota proměnné

y_{ij}…….vstupní hodnota proměnné

D_j…….bazální hodnota kritéria

H_j…….ideální hodnota kritéria

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{n} v_j \times r_{ij} \tag{6}$$

Kde: $u(a_i)$…..užitek varianty

v_j……...váha kritéria

r_{ij}……...maximalizovaná hodnota proměnné

Výběr dodávkového automobilu s pohonem CNG

Na základě výše popsaného postupu byla provedena analýza vozidel s CNG pohonem pro vozidla z podkapitoly 2.1. Multikriteriální analýza těchto vozidel je v tabulce 38. Uvažovaná karosářská varianta vozidel byla L3H2. Do multikriteriální analýzy vozidel CNG jsou zařazena vozidla Iveco Daily a Fiat Ducato.

Tabulka 38 – Multikriteriální analýza pro vozidla s CNG pohonem

Tabulka se vstupními údaji							
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]
CNG	Fiat Ducato	882 900	3,83	13	510	4	1 300
	Iveco Daily	1 020 000	3,70	12	580	30	1 175

Převod kritérií na maximalizační							
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]
CNG	Fiat Ducato	137 100	0,00	13	510	26	1 300
	Iveco Daily	0,00	0,13	12	580	0,00	1 175
	Ideální varianta	137 100	0,13	13	580	26	1 300
	Bazální varianta	0,00	0,00	12	510	0,00	1 175

Transformovaná matice							
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]
CNG	Fiat Ducato	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	Iveco Daily	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Užitek vozidel		
CNG	Fiat Ducato	**62%**
	Iveco Daily	38%

	Váhy kritérií	**0,29**	**0,24**	**0,05**	**0,14**	**0,10**	**0,19**	1

Zdroj: Autor

Z tabulky 38 je patrné, že na základě multikriteriální analýzy automobilů s pohonem CNG má nejvyšší užitek Fiat Ducato s hodnotou 62 %. Iveco Daily má užitek pouhých 38 %.

Výběr dodávkového automobilu L3H2 s elektropohonem

Multikriteriální analýza pro elektropohon obsahuje oproti CNG pohonu navíc ještě dvě kritéria, kterými jsou kapacita akumulátoru a maximální rychlost vozidla, jelikož rychlost mají elektro dodávky omezenou. I u tohoto pohonu byla uvažována karosářská varianta vozidel L3H2. V rámci multikriteriální analýzy elektrických dodávek jsou srovnávána vozidla Renault E – Master, Fiat E – Ducato a Ford E – Transit. Detailnější popis těchto vozidel včetně jejich technických parametrů je uveden v podkapitole 2.2. Výsledná analýza srovnávaných vozidel je v tabulce 39.

Tabulka 39 – Multikriteriální analýza pro vozidla s elektropohonem

Tabulka se vstupními údaji									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Fiat E-Ducato	1 850 000	1,95	13	271	4	765	79	100
	Master E-Tech	1 700 000	2,03	13	204	1,5	1 308	52	80
	Ford E-Transit	1 488 400	1,78	11,5	256	15	899	68	130

Převod kritérií na maximalizační									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Fiat E-Ducato	0,00	0,08	13	271	11	765	79	100
	Master E-Tech	150 000	0,00	13	204	13,5	1 308	52	80
	Ford E-Transit	361 600	0,25	11,5	256	0,00	899	68	130
	Ideální varianta	361 600	0,25	13	271	14	1 308	79	130
	Bazální varianta	0,00	0,00	11,5	204	0,00	765	52	80

Transformovaná matice									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Fiat E-Ducato	0,00	0,32	1,00	1,00	0,81	0,00	1,00	0,40
	Master E-Tech	0,41	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	Ford E-Transit	1,00	1,00	0,00	0,78	0,00	0,25	0,59	1,00

Užitek vozidel		
Elektro	Fiat E - Ducato	47%
	Master E - Tech	29%
	Ford E - Transit	**74%**

Váhy kritérií	**0,22**	**0,19**	**0,03**	**0,17**	**0,06**	**0,11**	**0,14**	**0,08**	1

Zdroj: Autor

Z multikriteriální analýzy v tabulce 39 pro elektrické dodávky ve specifikaci L3H2 je patrné, že nejvyšší užitek má Ford E – Transit s hodnotou 74 %. Druhé místo patří Fiatu E – Ducato s užitkem 47 % .Na třetím místě je Master E – Tech s užitkem pouhých 29 %.

Výběr dodávkového automobilu s vodíkovým pohonem v karosářské variantě L3H2

Dodávkový automobil s vodíkovým pohonem ve variantě L3H2 je v současné nabídce pouze jeden, a to Master Hyvia. Peugeot e – Expert Hydrogen je sice s vodíkovým pohonem dostupný také, ale patří do kategorie vozidel s menší karosářskou variantou než Master Hyvia. Porovnání těchto vozidel by tedy nebylo relevantní a z tohoto důvodu pro vodíkový pohon nebyla multikriteriální analýza provedena. Záleží tedy na případném výběru vozidla společností MHA podle preference a potřeb. Parametry vodíkových automobilů jsou v podkapitole 2.4

Výběr dodávkového automobilu s elektropohonem ve střední karosářské variantě

Třetí multikriteriální analýza byla provedena pro elektro dodávku ve střední variantě karoserie. Zde byly porovnány automobily z podkapitoly 2.3, kterými jsou Peugeot e – Expert a Mercedes eVito. Multikriteriální analýza pro tuto kategorii vozidel je v tabulce 40.

Tabulka 40 – Multikriteriální analýza pro střední dodávkový automobil s elektro pohonem

Tabulka se vstupními údaji									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Peugeot e - Expert	1 301 900	1,40	6,1	317	4	928	75	130
	Mercedes eVito	1 263 500	1,24	6,6	312	30	1 007	66	120

Převod kritérií na maximalizační									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Peugeot e - Expert	0,00	0,00	6,1	317	26	928	75	130
	Mercedes eVito	38 400	0,16	6,6	312	0,00	1 007	66	120
	Ideální varianta	38 400	0,16	6,6	317	26	1 007	75	130
	Bazální varianta	0,00	0,00	6,1	312	0,00	928	66	120

Transformovaná matice									
Pohon	Vozidlo	Pořizovací cena [Kč bez DPH]	Palivové náklady na km [Kč]	Objem nákladového prostoru [m^3]	Dojezd [km]	Servisní centrum [km]	Nosnost [kg]	Kapacita akumulátoru [kWh]	Max. rychlost [km/h]
Elektro	Peugeot e - Expert	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
	Mercedes eVito	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Užitek vozidel		
Elektro	Peugeot e - Expert	44%
	Mercedes eVito	**56%**

Váhy kritérií	**0,22**	**0,19**	**0,03**	**0,17**	**0,06**	**0,11**	**0,14**	**0,08**	1

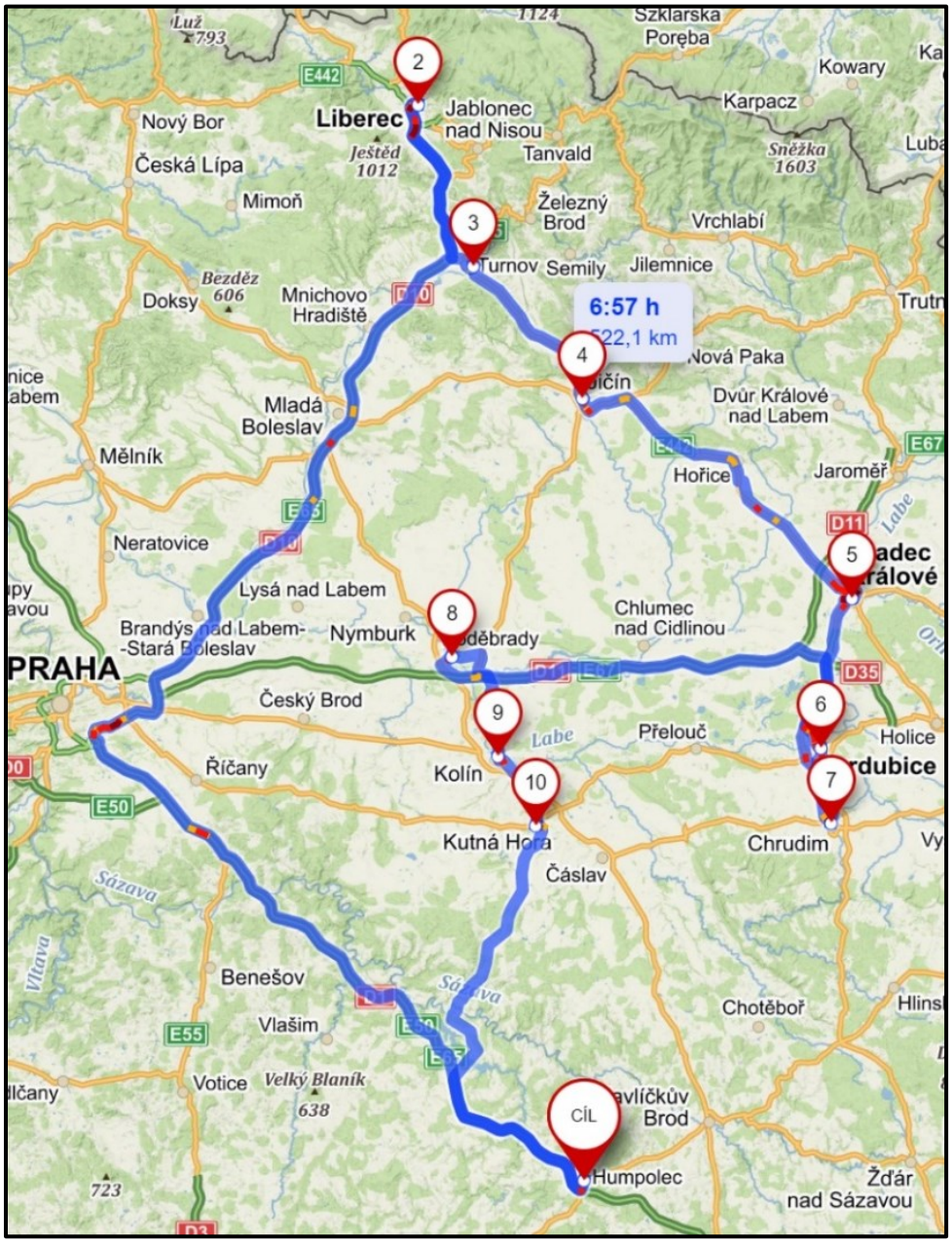
Zdroj: Autor

Z multikriteriální analýzy v tabulce 40, která porovnává střední elektro dodávky vyplývá, že vyšší užitek má Mercedes eVito s hodnotou 56 %. Peugeot e – Expert má užitek pouhých 44 %.

2.7 Vlivy na celkový čas rozvozové trasy po zavedení alternativních pohonů do flotily společnosti

Společnost MHA vlastním vozovým parkem rozváží zásilky po celé České republice. Na základě různých pohonů dodávkových vozidel jsou v této kapitole navrženy časové plány vybrané trasy, kam patří přestávky řidiče, které je třeba u referentských vozidel do 3,5 tuny a nákladních vozidel nad 3,5 tuny vykonávat maximálně po 4,5 hodinách jízdy. Do plánu trasy je třeba započítat také prostoje při nabíjení akumulátoru u elektromobilů. Na základě těchto

parametrů jsou sestaveny jednotlivé časové harmonogramy trasy. V této části je řešena rozvozová trasa Humpolec – Liberec – Turnov – Jičín – Hradec Králové – Pardubice – Chrudim – Poděbrady – Kolín – Kutná Hora – Humpolec (obrázek 29). Tato trasa byla zvolena z toho důvodu, že se jedná o jednu z nejdelších rozvozových tras společnosti a zahrnuje část cesty po dálnicích a po silnicích I. třídy. Celková délka této trasy je přibližně 526 km. Na této trase je třeba počítat se zdržením při vykládce/nakládce zásilek. Celkový čas potřebný pro vykládku zboží na všech místech je dohromady 120 minut, tedy rovné dvě hodiny (55, 56).



Zdroj: Autor na podkladě (55)

Obrázek 29 – Rozvozová trasa dodávkového automobilu

U dieselové a elektrické dodávky byly jízdní doby úseků trasy mimo dálnice uvažovány podle internetových stránek Mapy.cz. Jízdní doby po dálnicích byly počítány podle základního fyzikálního vzorce (7):

$$t = \frac{s}{v} \qquad [h] \tag{7}$$

Kde: t….. doba jízdy [h],

s….. dráha [km],

v….. rychlost [km/h].

Podle vzorce (7) byly počítány i jízdní doby po dálnicích pro vodíkovou dodávku, protože ta na dané trase může jet pouze rychlostí 80 km/h, jelikož se jedná o nákladní vozidlo. Doby jízdy mimo dálnici byly pro nákladní vozidlo počítány tak, že podle vzorce 7 byl vždy vypočten rozdíl na jednotlivých úsecích pro rychlost 90 a 80 km/h a ten byl následně připočten k hodnotám z internetových map. Je to z důvodu, že v praxi se celá trasa nejede konstantní rychlostí, protože je nutné brzdit a počítat se zdržením ve městech.

Veškeré vypočtené hodnoty jsou pouze orientační, a udávají o jakou dobu se prodlouží jízdní doba na dané trase při využití různých vozidel.

Návrh časového plánu trasy vozidla s dieselovým pohonem

Pro současné dieselové dodávky společnosti platí stejné rychlostní limity jako pro osobní automobily. To znamená, že maximální rychlost vozidla na dálnici je 130 km/h a 90 km/h mimo obec. Pro jízdu po dálnici bylo počítáno s rychlostí 110 km/h a mimo dálnici 90 km/h. Přibližný časový harmonogram pro dieselové dodávkové vozidlo je uveden v tabulce 41.

Tabulka 41 – Plán rozvozové trasy dieselovým dodávkovým vozidlem

Město	Vzdálenost [km]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Doba jízdy [h]	Doba vykládky [hod]
Humpolec – Liberec	205	6:00	7:52	1:52	0:19
Nepovinná navrhovaná přestávka po 2 hodinách jízdy – 5 min					
Liberec – Turnov	28	8:16	8:31	0:15	0:03
Turnov – Jičín	24	8:34	8:58	0:24	0:04
Jičín – Hradec Králové	50	9:02	9:52	0:50	0:22
Hradec Králové – Pardubice	25	10:14	10:39	0:25	0:19
Pardubice – Chrudim	12	10:58	11:13	0:15	0:17
Přestávka na oběd v rámci povinné pauzy (po 4h 13 min jízdy) – 30 min					
Chrudim – Poděbrady	80	12:00	12:52	0:52	0:02
Poděbrady – Kolín	19	12:54	13:15	0:21	0:20
Nepovinná navrhovaná přestávka po 1,5 hodině jízdy – 5 min					
Kolín – Kutná Hora	13	13:40	14:00	0:20	0:04
Kutná Hora - Humpolec	70	14:04	15:00	0:56	0:10
Přibližný celkový čas trasy:				**9 hodin 10 minut**	

Zdroj: Autor na podkladě (55)

Jízda dieselovým vozidlem je z hlediska celkového času nejrychlejší a pro řidiče nejpohodlnější. Může jet nejvyšší rychlostí a po cestě nemusí dobíjet akumulátor ani tankovat. Samozřejmě v případě, že z depa vyjede s plnou nádrží paliva. V každém městě byla uvažována pouze jedna zastávka u zákazníka. Reálně to v některých městech může být více zastávek, ale nejedná se o balíkovou přepravu. Konkrétní trasy a adresy zákazníků zde nejsou uvedeny záměrně. Do doby řízení se započítávají přestávky kratší než 15 minut, delší přestávky jsou považovány za přerušení jízdy. Vybraná trasa má délku zhruba 526 km a její časový plán je pro dieselový pohon následující. Plánovaný čas výjezdu z depa společnosti MHA v Humpolci je v 6:00. Cesta do Liberce vede po dálnici a trvá zhruba 1 hodinu a 52 minut. V Liberci je třeba vyložit zboží u zákazníka, vykládka trvá přibližně 19 minut. Po vyložení zboží je navržena pětiminutová přestávka, kterou by mohl řidič využít například na občerstvení nebo jí také využít nemusí. Samozřejmě jí případně může vykonat v jiném úseku trasy. Následuje přesun z Liberce do Turnova o délce 15 minut, zde vykládka trvá pouhé 3 minuty. Stejným způsobem trasa probíhá až do Chrudimi, kde je naplánována povinná bezpečností přestávka řidiče přibližně po 4 hodinách a 13 minutách jízdy. Během této 30 minutové pauzy se může řidič například

naobědvat. Po bezpečnostní přestávce pokračuje trasa z Chrudimi do Poděbrad a do Kolína. V Kolíně je opět navržena krátká pauza. Plánovaný příjezd vozidla zpět do depa v Humpolci je přibližně v 15:00 včetně zhruba 10 minutové vykládky v depu. Celková doba řízení je v tomto případě přibližně 7 hodin a 3 minuty. Celkový čas trasy včetně doby řízení, doby vykládek a přestávek je 9 hodin 10 minut.

Návrh časového plánu trasy vozidla s elektro pohonem

Z elektro dodávek bylo na tuto trasu počítáno s vozidlem Ford E – Transit, protože to by společnosti na základě multikriteriální analýzy v tabulce 39 přineslo nejvyšší užitek a jako jediné z elektrických dodávek může jet nejvyšší rychlostí (až 130 km/h). Časový plán trasy s elektrickým Transitem je v tabulce 42.

Tabulka 42 – Plán rozvozové trasy elektrickým dodávkovým vozidlem

Město	Vzdálenost [km]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Doba jízdy [h]	Doba vykládky [hod]
Humpolec – Liberec	205	6:00	7:52	1:52	0:19
Liberec – Turnov	28	8:11	8:28	0:17	0:03
Povinná bezpečnostní přestávka 30 min a		1. nabíjení akumulátoru - 70 minut			
Turnov – Jičín	24	9:41	10:05	0:24	0:04
Jičín – Hradec Králové	50	10:09	10:59	0:50	0:22
Hradec Králové – Pardubice	25	11:21	11:48	0:27	0:19
Pardubice – Chrudim	12	12:07	12:22	0:15	0:17
Přestávka (30 – 40 min) a		2. nabíjení akumulátoru 40 minut			
Chrudim – Poděbrady	80	13:19	14:14	0:55	0:02
Poděbrady – Kolín	19	14:16	14:37	0:21	0:20
Kolín – Kutná Hora	13	14:57	15:17	0:20	0:04
Nepovinná navrhovaná přestávka jízdy – 5 min					
Kutná Hora - Humpolec	70	15:26	16:32	0:56	0:10
Přibližný celkový čas trasy:			**10 hodin 32 minut**		

Zdroj: Autor na podkladě (55)

V případě realizace trasy s elektro dodávkou nastávají změny v dobách jízdy, které jsou oproti dieselové dodávce delší. Je to dáno tím, že elektrická vozidla mají menší dojezd na jedno nabití akumulátoru než vozidla dieselová. Udávaný dojezd elektrického Transita je dle výrobce přibližně 256 km. Z tohoto důvodu dochází ke značnému prodloužení času stráveného na trase, jelikož je během trasy třeba dvakrát dobíjet akumulátor. V reálném prostředí to může být i vícekrát, protože může nastat časová prodleva na trase vlivem počasí, mimořádných událostí a podobně. Na dojezd vozidla má také značný vliv počasí, liší se v létě a v zimě. Doby vykládek zboží zůstávají stejné a přestávky se nezapočítávají do doby řízení. Aby byla zachována dojezdová rezerva, bylo navrženo nabíjení už v Turnově v délce přibližně 70 minut. Během nabíjení může řidič zatím splnit povinnou 30 minutovou bezpečnostní přestávku. Po pauze a dobití akumulátoru může vozidlo pokračovat na trase až do Chrudimi, kde má řidič naplánovanou přestávku na oběd a druhé dobíjení akumulátoru o délce 40 minut. Poté může pokračovat v trase do Poděbrad, Kolína a Kutné Hory. Plánovaná pětiminutová přestávka v Kutné Hoře závisí na řidiči, zda jí realizuje či nikoliv. Celková doba této trasy je přibližně 10 hodin a 32 minut.

Návrh časového plánu trasy s nákladním vodíkovým vozidlem

Pro stejnou trasu bylo uvažováno vodíkové vozidlo Master Hyvia, které je jako jediné s vodíkovým pohonem dostupné ve verzi L3H2. Jízda s tímto vodíkovým automobilem se od ostatních variant liší tím, že vozidlo může jet maximálně rychlostí 80 km/h. Jelikož se jedná o nákladní vozidlo, řidič musí dodržovat také delší povinné bezpečnostní přestávky, a to nejpozději po 4,5 hodinách jízdy v délce 45 minut. Tato přestávka byla naplánována v Hradci Králové a řidič jí může využít například na oběd. Po přestávce je naplánováno tankování vodíku, protože dojezd vodíkového Masteru je maximálně 400 km na jednu nádrž a celá trasa měří zhruba 526 km. Celková doba této trasy je přibližně 10 hodin a 49 minut. Časový plán trasy vodíkovým automobilem obsahuje tabulka 43.

Tabulka 43 – Plán rozvozové trasy vodíkovým nákladním vozidlem

Město	Vzdálenost [km]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Doba jízdy [h]	Doba vykládky [hod]
Humpolec – Liberec	205	5:30	8:04	2:34	0:19
Liberec – Turnov	28	8:23	8:44	0:21	0:03
Turnov – Jičín	24	8:47	9:13	0:26	0:04
Jičín – Hradec Králové	50	9:17	10:09	0:52	0:22
Povinná přestávka – délka 45 min – např. (oběd), po přestávce tankování 5 minut					
Hradec Králové – Pardubice	25	11:21	11:51	0:30	0:19
Pardubice – Chrudim	12	12:10	12:27	0:17	0:17
Chrudim – Poděbrady	80	12:44	13:51	1:07	0:02
Poděbrady – Kolín	19	13:53	14:16	0:23	0:20
Kolín – Kutná Hora	13	14:36	14:58	0:22	0:04
Nepovinná navrhovaná přestávka jízdy – 5 min					
Kutná Hora - Humpolec	70	15:07	16:19	1:02	0:10
Přibližný celkový čas trasy:				**10 hodin 49 minut**	

Zdroj: Autor na podkladě (55)

Shrnutí variant tras

V tabulce 44 je porovnání délky trasy při použití různých vozidel.

Tabulka 44 – Porovnání variant trasy

Pohon automobilu	**Celková přibližná doba trasy [h]**	**Čas oproti dieselu [h]**
Diesel	9:10	x
Elektro	10:32	+1:22
Vodík	10:49	+1:39

Zdroj: Autor

Z tabulky 44 vyplývá, že za nejkratší dobu je trasu možné realizovat dieselovým vozidlem. U elektrického vozidla se doba trasy prodloužila nižší rychlostí na dálnicích a také dobíjením akumulátoru. V rámci návrhu trasy elektro dodávky bylo uvažováno s extrémním případem trasy automobilu, který by v reálném případě nejspíše nenastal, jelikož s technickými parametry elektrických dodávek není výhodné realizovat takto dlouhé trasy. Vyčíslení sloužilo pouze pro orientační dobu trasy. V případě rozšíření elektromobility lze očekávat navýšení maximální rychlosti vozidel. U vodíkového vozidla by celková doba trasy narostla nižší rychlostí oproti ostatním vozidlům a také delší povinnou bezpečnostní přestávkou řidiče. Vozidla s alternativními pohony neustále procházejí inovací a lze tak předpokládat, že do

budoucna budou mít vyšší dojezd a lepší technické parametry. Tím by mohlo dojít ke zvýšení využitelnosti vozidel s těmito pohony, které nyní mají omezení.

3 Zhodnocení navrhovaných alternativních pohonů pro vozový park

Celkem je navrženo několik konkrétních dodávkových vozidel s různými typy pohonů, pro které byly provedeny multikriteriální analýzy pro stanovení maximálního užitku vozidel. Pomocí metody WSA bylo vždy vybráno vozidlo s maximálním užitkem. V návaznosti na to jsou jednotlivá vozidla vyhodnocena ve třetí kapitole.

3.1 Pohon CNG

V popisu pohonu CNG je uvedeno, že pohon stále využívá spalovací motor, tudíž produkuje emise CO_2 během jízdy. To je důvodem proč se postupně přechází na pohony lokálně bezemisní, ve kterých spočívá automobilová budoucnost (vodík, elektro). V případě, že by společnost MHA i tak uvažovala o vozidlech s CNG pohonem, nejvyššího užitku (62 %) na základě zohledňovaných kritérií dosahuje vozidlo Fiat Ducato CNG. Vozidlo Iveco Daily má užitek pouhých 38 %. Palivové náklady na jeden kilometr u Ducata činí 3,83 Kč při ceně jednoho kilogramu CNG 43,57 Kč bez DPH. To je průměrná cena za rok 2022. V případě, že by cena CNG klesla například na hodnoty roku 2019, kdy jeden kilogram CNG stál průměrně 21,58 Kč bez DPH, palivové náklady by se snížily o polovinu na 1,90 Kč/km. Pro porovnání jsou palivové náklady u dieselové dodávky na jeden kilometr 3,25 Kč při průměrné ceně 34,54 Kč bez DPH za jeden litr dieselu v roce 2022. V roce 2019 byla průměrná cena litru dieselu 26,20 Kč bez DPH, v tomto případě jsou palivové náklady 2,46 Kč/km.

Při srovnání ročního provozu (65 000 km) v roce 2019 jsou roční náklady na CNG pro Fiat Ducato přibližně 124 000 Kč bez DPH. Pro dieselovou dodávku jsou roční náklady na palivo ve stejném roce přibližně 161 000 Kč bez DPH, tudíž zde vznikají úspory při využití CNG zhruba 23 %. Ducato CNG je přibližně o 105 000 Kč dražší než Master diesel, takže úspory na palivu by nastaly zhruba po třech letech provozu.

V rámci porovnání stejného provozu v roce 2022 jsou roční náklady na CNG zhruba 250 000 Kč bez DPH a přibližně 212 000 Kč bez DPH pro diesel. Za těchto podmínek je takřka o 15 % výhodnější diesel.

Palivové náklady potencionálních CNG vozidel by šlo snížit navrhovanou soukromou čerpací stanicí, která je specifikována v podkapitole 2.1.3. Ta je navržena pro provoz šesti

vozidel s pohonem CNG, což by byla polovina vozového parku společnosti. Provozováním soukromé čerpací stanice by bylo možné ročně na palivu ušetřit přibližně 388 000 Kč bez DPH. Od této částky je ale třeba odečíst provozní náklady stanice, mezi které patří roční náklady na údržbu a servis ve výši zhruba 90 000 Kč bez DPH, náklady na elektrickou energii přibližně 53 000 Kč bez DPH a také roční spotřební daň z CNG přibližně 145 000 Kč bez DPH. Při odečtení těchto nákladů od částky za ušetřené pohonné hmoty by byly roční úspory přibližně 120 000 Kč bez DPH. Za těchto podmínek lze očekávat návratnost investice do čerpací stanice za necelých 12 let, což je pro společnost nevýhodné. Pokud by společnost vlastnila celý vozový park s pohonem CNG, návratnost investice by byla šest 6 let. V pohonu CNG automobilová budoucnost nespočívá, tudíž investice do těchto vozidel není pro společnost zajímavá.

Při provozování CNG vozidel by došlo ke snížení znečištění ovzduší, jelikož CNG produkuje nižší emise CO_2 oproti dieselu (viz. kapitola 1.5). Na základě výpočtů by při ročním nájezdu 65 000 km klesla produkce CO_2 jednoho vozidla průměrně o 871 kg, tj. přibližně o 5,4 % méně oproti dieselu.

3.2 Elektrický pohon

Při uvažování zařazení elektrických dodávek velikosti L3H2 do vozového parku společnosti MHA vychází z porovnávaných vozidel nejlépe Ford E – Transit s nejvyšším užitkem 74 %. Ten by ve společnosti mohl být využit na kratší rozvozové trasy do 200 km od depa Humpolec, protože jeho maximální dojezd je zhruba 256 km na jedno nabití akumulátoru. Na delších trasách by s tímto vozidlem vznikala vyšší časová náročnost oproti současným dieselovým dodávkám, protože by bylo nutné dobíjet akumulátor. Technické parametry elektrického Transita jsou v kapitole 2.2.3.

Na zmíněných trasách lze s elektrickým Transitem uvažovat o ročním nájezdu cca 30 000 km, přičemž náklady na elektřinu by činily přibližně 54 000 Kč bez DPH a náklady na diesel zhruba 98 000 Kč bez DPH. Nastala by tedy roční úspora na palivu přibližně 44 000 Kč. Rozdíl v pořizovací ceně elektrického Transita a dieselového Mastera je zhruba 700 000 Kč. Za daných podmínek lze očekávat návratnost vyšší investice do Transita za přibližně 16 let, a to je nerentabilní.

3.3 Vodíkový pohon

Vodíkové dodávky jsou navrženy v kapitole 2.4. Ve specifikaci L3H2 je k dispozici zatím pouze Master Hyvia, jehož přibližná pořizovací cena je 120 tisíc eur (2 900 000 Kč). V současné době při ceně vodíku přibližně 230 Kč bez DPH je zřejmé, že se provoz vodíkového vozidla nevyplatí, protože by se náklady na pohonné hmoty zvýšily oproti dieselovému vozidlu o přibližně 10 000 Kč ročně za jedno vozidlo. Palivové náklady na kilometr jsou při této ceně 3,45 Kč. V případě, že by cena vodíku podle předpokladu mohla být v následujících letech přibližně 89,7 Kč/kg, tak by došlo k úsporám na palivu zhruba 124 000 Kč ročně za jedno vozidlo.

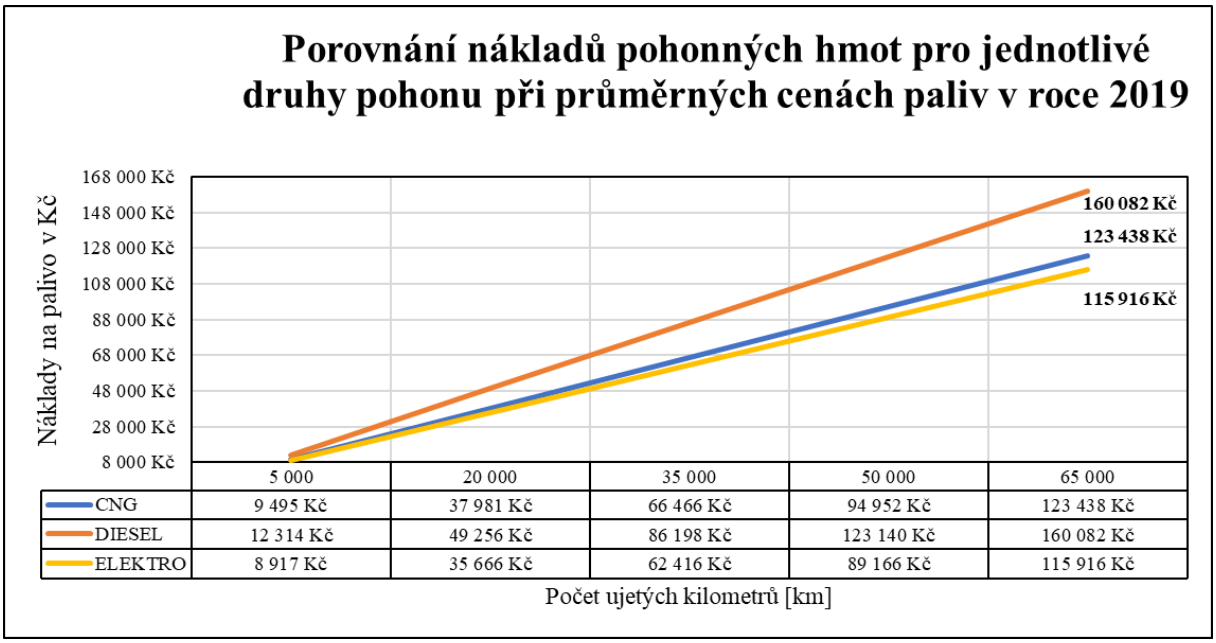
Při úvaze pořizovací ceny vodíkové dodávky 2 900 000 Kč bez DPH, znamená to, že je zhruba o 2 112 000 Kč dražší než dieselový Renault Master. Vodíkové vozidlo v této cenové kategorii je tak v současné době finančně nedostupné.

Kdyby společnost do budoucna uvažovala o vodíkové dodávce s menší karoserií než L3H2, možností je zatím pouze Peugeot e – Expert Hydrogen a Opel Vivaro H_2. Jedná se o vozidla se stejným technickým základem. Technické parametry Peugeota jsou uvedeny v kapitole 2.4.2.

3.4 Porovnání palivových nákladů alternativních pohonů

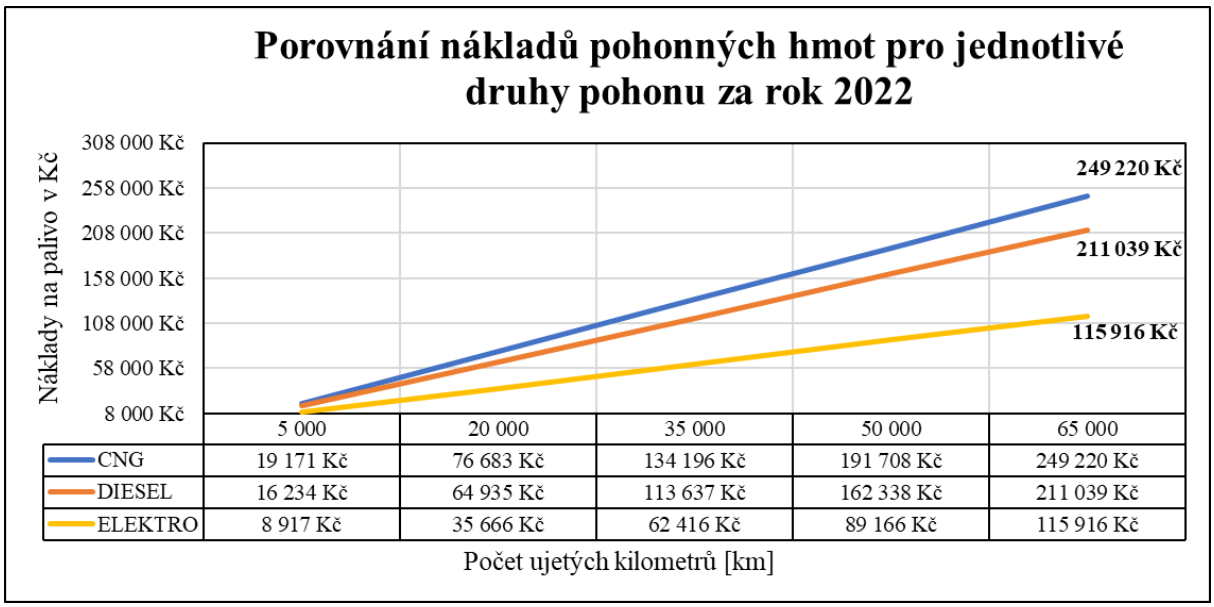
Na následujících obrázcích 30, 31 a 32 je srovnání palivových nákladů při cenách v jednotlivých letech. V rámci vyčíslení nákladů elektrického Transita je pro všechny uvedené roky počítáno s cenou elektřiny 5,79 Kč/kWh bez DPH. Jedná se o cenu přímo pro společnost MHA. Ceny dieselu a CNG jsou pro rok 2019 a 2022 uvažovány jako průměrné. Pro výpočet nákladů v roce 2023 byly využity průměrné ceny CNG a dieselu k datu 24.3. 2023. Výjimkou je cena vodíku, která je k datu 10.3.2023, protože v tento den byla otevřena veřejná vodíková čerpací stanice v Praze.

Na obrázku 30 je porovnání nákladů na palivo pro rok 2019, na obrázku 31 pro rok 2022. Obrázek 32 znázorňuje náklady pro rok 2023 na základě výše popsaných údajů.



Zdroj: Autor na podkladě (30, 31)

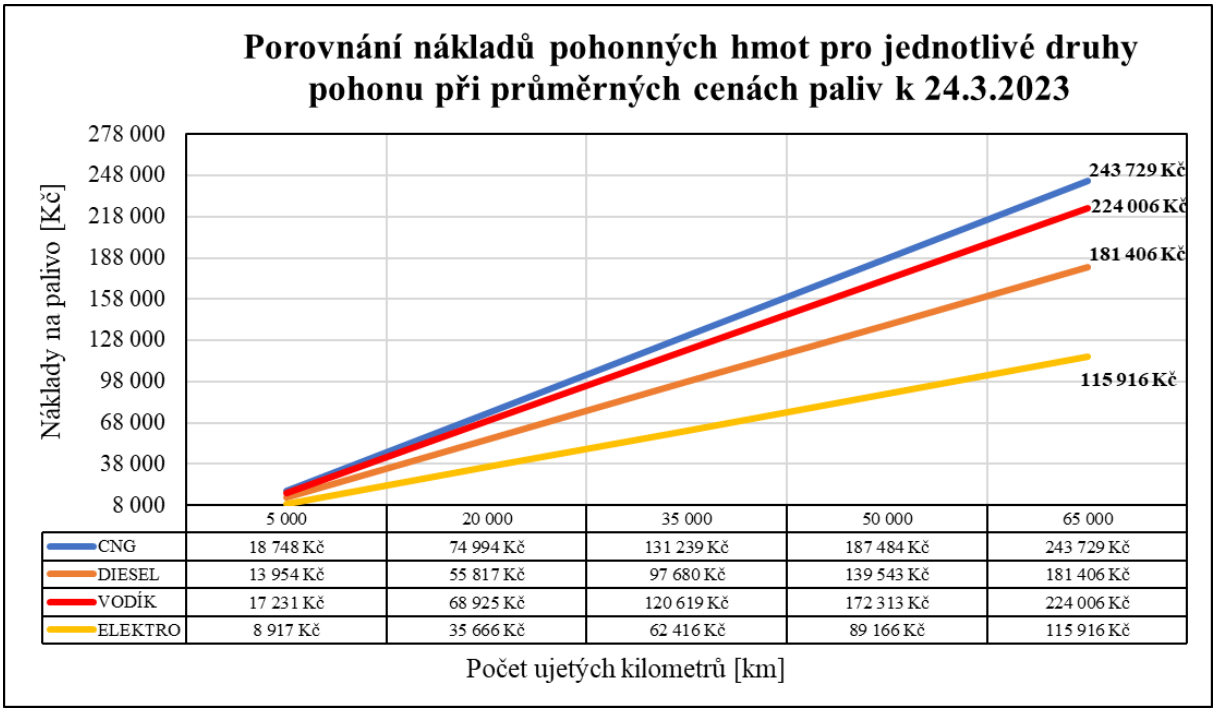
Obrázek 30 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv z roku 2019



Zdroj: Autor na podkladě (14, 32)

Obrázek 31 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv z roku 2022

Tabulka 45 shrnuje palivové náklady v jednotlivých letech. Hodnoty jsou zaokrouhleny na celé tisíce Kč směrem nahoru pro lepší porovnání.



Zdroj: Autor na podkladě (23, 49)

Obrázek 32 – Porovnání palivových nákladů při průměrných cenách paliv k roku 2023

Tabulka 45 – Palivové náklady pro jednotlivé roky

Pohon/ náklady za rok v Kč bez DPH	2019	2022	2023
CNG	124 000	250 000	244 000
Vodík	x	x	225 000
Elektro	116 000	116 000	116 000
Diesel	161 000	212 000	182 000

Zdroj: Autor

Z obrázků 30, 31, 32 a tabulky 45 je patrné, že z hlediska palivových nákladů je nejvýhodnější elektrický pohon (Ford E – Transit). Cena elektřiny je v uvedených letech konstantní, jelikož si elektřinu společnost vyrábí vlastní fotovoltaickou elektrárnou.

V tabulce 46 jsou přibližně vyčísleny vybrané náklady spojené s provozem vozidla za rok 2022 pro srovnávaná vozidla. Porovnání neobsahuje náklady spojené s povinným ručením a servisními prohlídkami, jelikož se nepodařilo zjistit data pro všechna vozidla. Po zahrnutí těchto nákladů do porovnání může být výsledek ovlivněn. Při sečtení uvažovaných nákladů z tabulky vyplývá, že při ročním provozu za rok 2022 z porovnání obecně nejlépe vycházejí elektrická vozidla, konkrétně Ford E – Transit. Do porovnání za rok 2022 nebylo zahrnuto vodíkové vozidlo, protože nebyla zjištěna cena paliva. Cena za technické prohlídky a emisní kontroly je běžně uváděna za dva roky provozu. Ceny byly rozpočítány na jeden rok, tedy vydělené dvěma. Výjimkou je vodíkové vozidlo, které spadá do kategorie N2 a technickou kontrolu je třeba provádět každý rok.

Tabulka 47 obsahuje stejné porovnání nákladů jako tabulka 46, jediným rozdílem jsou ceny paliv k datu 24.3.2023. V této tabulce je zahrnuto i vodíkové vozidlo, protože v roce 2023 byla zjištěna cena vodíku. Z tabulky 47 je patrné, že i zde vycházejí nejlépe elektrická vozidla. Naopak nejhorší variantou je za daných podmínek vodíkové vozidlo a vzápětí vozidla s pohonem CNG.

Pro výpočet palivových nákladů v tabulkách 46 a 47 jsou použity stejné ceny paliv jako na obrázcích výše, s rozdílem, že zde není zohledňován rok 2019.

Tabulka 46 – Celkové porovnání vybraných nákladů navrhovaných vozidel pro rok 2022

Typ pohonu	**Elektropohon**			**Diesel**	**CNG pohon**	
Údaje/palivo	**Master E – TECH**	**Fiat E – Ducato**	**Ford E – Transit**	**Master**	**Fiat Ducato**	**Iveco Daily**
Spotřeba paliva [kWh; l; kg]	35	33,6	30,8	9,4	8,8	8,5
Průměrná cena paliva v Kč bez DPH za rok 2022 [kWh; l; kg]	5,79	5,79	5,79	34,54	43,57	43,57
Roční nájezd [km]	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000
Palivové náklady za rok [Kč]	131 723	126 454	115 916	211 039	249 220	240 724
Palivové náklady na km [Kč/km]	2,03	1,95	1,78	3,25	3,83	3,7
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč	493	514	561	308	261	270
Technická + emisní kontrola [Kč bez DPH/rok]	414	414	414	724	786	786
Roční dálniční známka/ mýto [Kč bez DPH]	x	x	x	1 240	750	750
AdBlue [Kč bez DPH/rok]	x	x	x	2 678	x	x
Náklady na výměnu oleje [Kč bez DPH/rok]	x	x	x	2 250	2 250	2 250
Celkem náklady v Kč bez DPH/rok	132 137	126 868	**116 330**	217 931	253 006	244 510

Zdroj: Autor na podkladě (12, 13, 14, 15, 32)

Tabulka 47 – Celkové porovnání vybraných nákladů navrhovaných vozidel pro rok 2023

Typ pohonu	**Elektropohon**			**Diesel**	**CNG pohon**		**Vodík**
Údaje/vozidla	**Master E – TECH**	**Fiat E – Ducato**	**Ford E –Transit**	**Master**	**Fiat Ducato**	**Iveco Daily**	**Master Hyvia H_2**
Spotřeba paliva na 100 km [kWh; l; kg]	35	32	30,8	9,4	8,8	8,5	1,5
Průměrná cena paliva v Kč bez DPH rok 2023 [kWh; l; kg]	5,79	5,79	5,79	29,69	42,61	42,61	229,75
Roční nájezd [km]	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000
Palivové náklady za rok [Kč]	131 723	126 454	115 916	181 381	243 729	235 420	224 006
Palivové náklady na km [Kč/km]	2,03	1,95	1,78	2,8	3,7	3,6	3,5
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč [km]	493	514	561	296	267	276	290
Technická + emisní kontrola za rok [Kč bez DPH]	414	414	414	724	786	786	2 314
Roční dálniční známka/ mýto [Kč bez DPH]	x	x	x	1 240	750	750	x
AdBlue [Kč bez DPH/rok]	x	x	x	2 678	x	x	x
Náklady na výměnu oleje za rok [Kč bez DPH]:	x	x	x	2 250	2 250	2 250	x
Celkem náklady v Kč bez DPH/rok	132 137	126 868	**116 330**	188 273	247 515	239 556	226 320

Zdroj: Autor na podkladě (12, 13, 15, 49, 57)

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zjistit požadavky na vozidla ze strany společnosti MHA a analyzovat dostupné alternativní pohony dodávkových vozidel na současném automobilovém trhu. V úvodní části práce je popsána problematika spalovacích motorů a také zdůvodněno proč budoucnost spočívá v lokálně bezemisních pohonech. Rovněž jsou rozebrána kritéria, která mohou ovlivnit výběr alternativního pohonu u dodávkových vozidel. Jednotlivé alternativní pohony jsou detailněji popsány včetně výhod a nevýhod v kapitole 1.4. V návaznosti na to bylo úkolem navrhnout konkrétní dodávková vozidla s alternativními pohony, která by do budoucna mohla nahradit či doplnit současné dieselové dodávkové automobily společnosti.

Na základě technických parametrů dodávkových vozidel lze v současné době dieselový pohon plně nahradit pouze pohonem CNG. Tato vozidla mají z porovnávaných alternativních pohonů nejdelší dojezd na jedno natankování paliva, nejvyšší maximální rychlost a cenově se pohybují ve stejné cenové kategorii jako dieselové dodávky. Jelikož ale vozidla CNG využívají spalovací motor, lze očekávat, že jejich provoz bude v budoucnu omezen. Při porovnání zohledňovaných celkových nákladů všech vozidel vychází nejlépe elektrický Ford Transit, který má porovnávané náklady nejnižší. Jeho zařazení do flotily společnosti však omezuje pořizovací cena, která je zhruba o 700 000 Kč vyšší než cena dieselového Renaulta Mastera. Dalším omezením je jeho nízký dojezd 256 km na jedno nabití akumulátoru. Společnost MHA distribuuje zboží po celé ČR a vlivem nutnosti nabíjení by vznikaly časové prostoje které jsou neefektivní. Z těchto důvodů nemohou být elektrické dodávky plnou náhradou současných dieselových. Společnost by do budoucna mohla elektro dodávky zařadit na kratší rozvozové trasy. Při nájezdu 100 000 km by elektrický Transit vyprodukoval 12 t CO_2 při nabíjení z běžné elektrické sítě. Při nabíjení el. energií z fotovoltaické elektrárny by emise CO_2 klesly na 1,3 tuny. To je přibližně o 95 % vyprodukovaného CO_2 méně než při stejném kilometrovém nájezdu dieselového Mastera.

Společnost MHA je k využívání elektromobility či vodíkového pohonu nakloněna, ale při současných vysokých pořizovacích cenách těchto vozidel je implementace nerealizovatelná. Do budoucna by společnost do své flotily uvažovala zařadit vodíková vozidla. Vodík lze vyrábět elektrolýzou vody a jeho doplnění do vozidla je stejně časově náročné jako tankování dieselu. Odpadají tím časové prostoje při nabíjení akumulátorů elektromobilů. Vodíkové dodávky jsou zatím cenově nedostupné. Pro společnost je v současné době nejvýhodnější

nadále provozovat dieselové dodávky do doby, než budou mít elektrické a vodíkové dodávky lepší technické parametry a zároveň až budou mít tato vozidla vyšší zastoupení na trhu a klesne jejich pořizovací cena na dostupnější cenovou úroveň.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORAMČNÍCH ZDROJŮ

(1) KLEPRLÍK, Jaroslav. *Technologie silniční dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-295-4.

(2) Ford Transit Van. In: *Ford ČR* [online]. Praha: Ford Motor Company, c2022, [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/brochures/cvs/BRO-ford_transit_van.pdf

(3) Transit VAN Ceník. In: *Ford ČR* [online]. Praha: Ford Motor Company, c2022 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/pricelists/cvs/PL-ford_transit_van.pdf

(4) Ducato katalog. In: *Fiat Professional ČR* [online]. Praha: F Automobil Import, c2022 [cit. 2022-12-30]. Dostupné z: https://www.fiatprofessional.cz/images/mod_catalog/pdf/1213_1_CZ%20DUCATO%20katalog%20-%20preprava%20zbozi.pdf

(5) JANDA, Jan. Louda auto Jihlava – Technické parametry + ceny vozidel Fiat Ducato CNG, Fiat Ducato diesel, Fiat E –Ducato – telefonická a e – mailová komunikace [online] [cit. 2023– 03–01].

(6) Renault Master ceník. In: *Renault* ČR [online]. Praha: Renault Česká republika, c2017–2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://cdn.group.renault.com/ren/cz/pdf/pricelists/new-master-furgon-price.pdf.asset.pdf/e03b83b750.pdf

(7) VW Crafter informační materiály - ceník a technická data. In: *VW užitkové vozy ČR* [online]. Porsche Česká republika, c2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://www.vw-uzitkove.cz/crafter-skrinovy-vuz/informacni-materialy

(8) Renault Master III - Technické detaily. *Transit Center* [online]. Pędzewo: Transit Center, c2022 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.transitcenter.cz/renault-master-3-data-specification.php

(9) KRENAR, Jiří. Renault Master 100. In: *Automobilrevue.cz [online].* Praha: Business Media CZ, c2011 - 2013 13.1. 2011 [cit. 2022-12-10]. Převzato z Doprava a silnice 12/10. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/renault-master-100_39866.html

(10) VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.

(11) Provozní kapaliny - AdBlue NOXY 10L. *ML PARTS* [online]. Brno: ML PARTS Czech, [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://mlparts.cz/adblue-noxy-10l

(12) Ceník technických prohlídek a kontrol. In: *Auto Domin* [online]. Humpolec: Auto DOMIN, c2012, 1.1.2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.autodomin.cz/images/CEN%C3%8DK%20STK%201.1.2023.pdf

(13) Ceník měření emisí. In: *Auto Domin* [online]. Humpolec: auto Domin, c2012, 1.1.2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.autodomin.cz/images/Cen%C3%ADk%201.1.2023.pdf

(14) Šetření průměrných cen vybraných výrobků - pohonné hmoty a topné oleje - časové řady. In: *Český statistický úřad [online].* Praha: Český statistický úřad, 2023. Poslední aktualizace 31.1.2023 [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/setreni-prumernych-cen-vybranych-vyrobku-pohonne-hmoty-a-topne-oleje-casove-rady

(15) Elektronická dálniční známka. *eDalnice* [online]. Praha: Státní fond dopravní infrastruktury, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://edalnice.cz/index.html#/validation

(16) SAJDL, Jan. CNG (Compressed Natural Gas). Autolexicon.net [online], c2023 autolexicon.net [cit. 2022-12-29]. ISSN 1804-2554.

(17) Fiat Ducato Natural Power. In: *CNG Company* [online]. Hředle: CNG Company, c2007-2017 [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: http://www.cngcompany.cz/gallery/ducato_natural_power.pdf

(18) Stanice CNG. *CNG.cz* [online]. CNG, c2022 [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://www.cng.cz/stanice

(19) Nový e-Crafter. In: *Auto Horejsek* [online]. Litoměřice: Auto Horejsek, c2023, [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://www.auto-horejsek.cz/images/modely-volkswagen/e-crafter/cenik-data/vw-e-crafter-katalog.pdf

(20) Nový Opel Movano VAN - ceník. In: *Opel ČR* [online]. Praha: O Automobil Import, c2022 [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: https://www.opel.cz/content/dam/opel/czech_republic/brochure-library/pricelists/CZ_Movano_Van.pdf

(21) Dobíjecí stanice u nás přibývají raketovým tempem. In: *Bus portál* [online]. Praha: ČSAD SVT Praha, c2001-2023, 12.12.2022 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://www.busportal.cz/clanek/dobijeci-stanice-u-nas-pribyvaji-raketovym-tempem-18799

(22) BEDNÁŘ, Marek. Česko má první veřejnou stanici k čerpání vodíku. Stojí v Ostravě. In: *Novinky.cz* [online]. Praha: Borgis, c2023, 29.6.2022 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://www.novinky.cz/clanek/auto-cesko-ma-prvni-verejnou-stanici-k-cerpani-vodiku-stoji-v-ostrave-40401553

(23) MARKOVIČ, Jan. V Praze se otevřela první vodíková stanice. In: *Autosalon.tv* [online]. CAR PR Media, c2023, 10.3.2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/v-praze-se-otevrela-prvni-vodikova-stanice-prodava-jeden-kilogram-plynu-za-278-korun

(24) MOKŘÍŠ, Jakub. Princip vodíkového palivového článku. In: *Portál řidiče* [online]. Pardubice: DF Solutions, 18.9.2022 [cit. 2022-12-31]. Dostupné z: https://www.portalridice.cz/clanek/princip-vodikoveho-palivoveho-clanku

(25) Česká tisková kancelář. Cena vodíku pro auta by se mohla vyrovnat naftě do šesti let. In: *TÝDEN.CZ* [online]. Praha: EMPRESA MEDIA, c2006-2023, 29.7.2021 [cit. 2023- 03-03]. Dostupné z: https://www.tyden.cz/rubriky/byznys/cena-vodiku-pro-auta-by-se-mohla-vyrovnat-nafte-do-sesti-let_552999.html

(26) Využití vodíku v automobilech. In: *Devinn* [online]. Jablonec nad Nisou: Devinn, c2014-2022, 8.8.2019 [cit. 2022-12-31]. Dostupné z: https://www.devinn.cz/blog/vyuziti-vodiku

(27) SAJDL, Jan. Výpočet emisí CO_2. Autolexicon. net [online]. Autolexicon.net, c2022 autolexiccon.net [cit. 2022-12-29]. ISSN 1804-2554. Dostupné z: https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/

(28) Daily Blue Power. In: *IVECO ČR* [online]. Vysoké Mýto: Iveco Czech Republic [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: https://www.iveco.com/czech/produkty/Documents/DailyBP/Daily_Blue_Power_CZ.PDF

(29) KARVAJ, Martin. Stratos auto Hradec Králové – Technické parametry + ceny vozidla Iveca Daily CNG, Iveca Daily diesel, Iveca e-Daily, skupiny ŘP pro dodávky – telefonická a e – mailová komunikace [online] [cit. 2023–02–13].

(30) Průměrné ceny benzínu, nafty a LPG po měsících v roce 2019 podle mBenzin.cz. In: *MBenzin.cz* [online]. Praha: Profi People, c 2006-2022, 7.1.2020 [cit. 2023-02-24]. Dostupné z: https://www.mbenzin.cz/Clanky/Prumerne-ceny-benzinu-nafty-a-LPG-po-mesicich-v-roce-2019-podle-mBenzincz-A_7455

(31) CNG PLUS. *Vývoj ceny CNG* [online]. CNG plus, c2023 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: https://www.cngplus.cz/vyvoj-ceny-cng.html?from=2019&to=2019

(32) CNG PLUS. *Vývoj ceny CNG* [online]. CNG plus, c2023 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: https://www.cngplus.cz/vyvoj-ceny-cng.html?from=2022&to=2022

(33) Fiat Ducato 3.0 NATURAL POWER CNG. *CNGplus* [online]. CNG+, c2023 [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://www.cngplus.cz/auta/uzitkove-vozy/fiat-ducato-30-natural-power-cng.html

(34) KOCOUREK, Jan. *Motor Jikov – cenová nabídka plnící stanice CNG MJ Variant Plus* 2023 – e–mailová komunikace [online] [cit. 2023–02–10].

(35) Renault Master E - Tech Electric. In: *Renault ČR* [online]. Praha: Renault Česká republika, c2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://cdn.group.renault.com/ren/cz/pdf/pricelists/master-ze-price.pdf

(36) E-Ducato. *FIAT PROFESSIONAL* [online]. Praha: F Automobil Import, c2023 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: https://www.fiatprofessional.com/cz/e-ducato/rada

(37) Ford E-Transit. In: *Ford ČR* [online]. Praha: Ford Motor Company, c2022 [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/brochures/cvs/BRO-ford_e_transit.pdf

(38) E-Transit Ceník. In: *Ford ČR* [online]. Praha: Ford Motor Company, c2022 [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/pricelists/cvs/PL-ford-e-transit.pdf

(39) Peugeot Expert - Ceník. In: *Peugeot Kopecký* [online]. Kopecký, c1998-2022 [cit. 2023- 02-27]. Dostupné z: https://www.kopecky.cz/pdf/expertfurgoncenik.pdf

(40) PIŠAN, Vratislav. Autopraktik Jihlava – Informace o vozidle Peugeot e–Expert 2023 e – mailová komunikace [online] [cit.2023-03-01].

(41) Konfigurátor Expert Furgon. In: *Peugeot ČR* [online]. Praha: P Automobil Import [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: https://www.peugeot.cz/modelova-rada/expert/konfigurator/konfigurator-expert-furgon.html/model

(42) Skříňová dodávka eVito. *Mercedes-Benz* [online]. Praha: Mercedes-Benz Česká republika, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/vito/e-vito-panel-van/technical-data

(43) EVito Skříňová dodávka 112 e Extra dlouhé. *Mercedes-Benz* [online]. Praha: Mercedes-Benz Česká republika, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://voc.mercedes-benz.com/voc/cz_cs/stage/44760513Z1L0001-0

(44) Výroba vodíku. In: *Devinn* [online]. Jablonec nad Nisou: Devinn, c2014-2022, 26.1.2023 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.devinn.cz/blog/vyroba-vodiku

(45) Renault Master VAN H2 - TECH. *HYVIA* [online]. HYVIA, c2023 [cit. 2023- 03- 03]. Dostupné z: https://www.hyvia.eu/vehicle/master-van-h2-tech/

(46) Brožura Renault Master VAN H2 - TECH. In: *HYVIA* [online]. HYVIA, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://hyvia.eu/app/uploads/2022/10/2022_09_19-BROCHURE-HYVIA-FR-DEF.pdf

(47) ZATLOUKAL, Jiří. Český investor sází na vodík. Firmám dodává auta i mobilní čerpací stanice. In: *Seznam zprávy* [online]. Praha: Seznam Zprávy, 5.4. 2022 [cit. 2023- 03- 17]. Dostupné z: https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-budnik-z-theinu-v-cesku-zacneme-vyrabet-vodikove-cerpaci-stanice-196880

(48) Vozidla osvobozená od zpoplatnění. *Mýto.cz* [online]. Praha: Ředitelství silnic a dálnic ČR, c2019 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: https://mytocz.eu/cs/zpoplatnena-vozidla/vozidla-osvobozena-od-zpoplatneni

(49) Aktuální průměrné ceny benzínu a nafty v ČR. *MBenzin.cz* [online]. Praha: Profi People [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://www.mbenzin.cz/

(50) Nový Peugeot e-Expert Hydrogen. In: *STELLANTIS* [online]. Praha: P Automobil Import [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.media.stellantis.com/cz-cs/peugeot/press/novy-peugeot-e-expert-hydrogen

(51) Jaké emise CO_2 připadají na vyrobenou jednotku elektřiny dle typu elektrárny. In: *Veronica - ekologický institut* [online]. Brno: ZO ČSOP Veronica, c2023, 18.5.2021 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.veronica.cz/otazky?i=514

(52) Emisní faktor CO_2 z výroby elektřiny za léta 2010–2021. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: MPO, c2005-2023, 26.10.2022 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2022--273197/

(53) MORKUS, Josef a Jan MACEK. Kam kráčíš, elektromobilito. In: *Fakulta Strojní ČVUT v Praze* [online]. Praha: ČVUT FS, c 2014-2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-z-ustavu/kam-kracis-elektromobilito/#b-a-n

(54) Základní informace k vodíku. *HYTEP* [online]. Husinec: Česká vodíková technologická platforma, c2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce

(55) Plánování trasy vozidlem. *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, c1996-2023 [cit. 2023- 03-15]. Dostupné z: https://mapy.cz/dopravni?planovanitrasy&dim=640750f7e149e9d08f0c8400&x=15.6252330&y=49.8022514&z=8

(56) Bezpečnostní přestávky řidičů osobních a nákladních automobilů. In: *BOZP.CZ* [online]. Praha: CRDR, c2023, 16.8.2019 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: https://www.skolenibozp.cz/aktuality/bezpecnostni-prestavky-ridicu/

(57) Ceník základních služeb. *Stanice technické kontroly Pelhřimov* [online]. STK Pelhřimov, c2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.stkpelhrimov.cz/cs/cenik.html