

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Technicko-ekonomické aspekty různých automobilových pohonů

Bc. Jan Bárta

Diplomová práce
2023

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Bárta**
Osobní číslo: **D20641**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Dopravní management, marketing a logistika**
Téma práce: **Technicko-ekonomické aspekty různých automobilových pohonů**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Technická specifikace vybraných automobilových pohonů
2. Ekologické aspekty alternativních pohonů
3. Ekonomika provozu vozidel s různými pohony
4. Vzájemná komparace automobilových pohonů

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **31. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

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

Ing. Pavla Leisková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. dubna 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Technicko-ekonomické aspekty různých automobilových pohonů 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 11. 5. 2022

Jan Bárta v. r.

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Ivo Drahotskému, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady při zpracovávání diplomové práce. Dále Ing. Heleně Beckové, Ph.D. za veškeré rady ohledně citací. Poděkování patří také mé rodině za podporu při studiu.

ANOTACE

Předmětem této diplomové práce je seznámit čtenáře s různými druhy automobilových pohonů, které v dnešní době patří mezi nejpoužívanější. V návaznosti na to si práce klade za cíl technicko-ekonomické zhodnocení a porovnání u zvolených typů pohonů. Teoretická část je věnovaná obecnému definování technických parametrů s následným zaměřením na ekologické aspekty alternativních pohonů. V praktické části jsou vybrány konkrétní vozidla s rozdílnými druhy pohonů a je provedeno zhodnocení a porovnání technických, ekonomických a ekologických aspektů.

KLÍČOVÁ SLOVA

spalovací motor, elektromobil, hybridní pohon, vodíkový pohon, náklady, aspekty, ekologie

TITLE

Technical and economic aspects of various automotive drives

ANNOTATION

The subject of this diploma thesis is to acquaint the reader with various types of automotive drives, which are nowadays among the most used ones. The thesis aims to provide a technical-economic evaluation and comparison of the selected types of drives. The theoretical part is dedicated to the general definition of technical parameters with an additional focus on the ecological aspects of alternative drives. In the practical part, specific vehicles with different types of automotive drives are selected and technical, economic, and ecological aspects are evaluated and compared.

KEYWORDS

combustion engine, electric car, hybrid drive, hydrogen drive, costs, aspects, ecology

OBSAH

ÚVOD	9
1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE VYBRANÝCH AUTOMOBILOVÝCH POHONŮ	11
1.1 Vozidlo se spalovacím motorem	11
1.1.1 Druhy spalovacích motorů	12
1.1.2 Spalovací motory na zemní plyn	13
1.1.3 Výhody a nevýhody spalovacího motoru	18
1.2 Vozidlo s elektrickým pohonem	18
1.2.1 Elektromotor	19
1.2.2 Invertor	20
1.2.3 Akumulátor a nabíjení	21
1.2.4 Infrastruktura elektromobility	25
1.2.5 Výhody a nevýhody elektromobilu	26
1.3 Vozidlo s hybridním pohonem	27
1.3.1 Druhy hybridních pohonů	28
1.3.2 Výhody a nevýhody hybridního pohonu	30
1.4 Vozidlo na vodíkový pohon	30
1.4.1 Funkce palivového článku	31
1.4.2 Infrastruktura vodíkového pohonu	33
1.4.3 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu	34
1.5 Ostatní druhy pohonů	34
1.6 Technické aspekty	37
2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY ALTERNATIVNÍCH POHONŮ	39
2.1 Základní problematika ekologie	39
2.2 Ekologické aspekty elektromobilu	41
2.2.1 Výroba elektromobilu	41
2.2.2 Ekologie provozu elektromobilu	45
2.2.3 Výroba elektřiny	46
2.2.4 Distribuce elektrické energie	48
2.3 Ekologické aspekty vodíkového vozidla	48
2.3.1 Výroba vozidla na vodík	49
2.3.2 Provoz vozidla na vodík	50
2.3.3 Výroba vodíku	50

2.3.4	Distribuce vodíku	51
2.4	Vliv životního cyklu automobilu na ekologii.....	54
3	EKONOMIKA PROVOZU VOZIDEL S RŮZNÝMI POHONY.....	55
3.1	Vozidlo se spalovacím motorem.....	56
3.2	Hybridní vozidlo	57
3.3	Elektromobil.....	58
3.3.1	Výpočet ceny PHM u elektromobilu.....	60
3.3.2	Dotace na pořízení elektromobilu v zemích EU	62
3.4	Vozidlo na vodík.....	63
4	VZÁJEMNÁ KOMPARACE VYBRANÝCH AUTOMOBILOVÝCH POHONŮ	65
4.1	Porovnání technických aspektů.....	65
4.2	Porovnání ekologických aspektů.....	66
4.3	Porovnání ekonomických aspektů.....	68
4.3.1	Pořizovací cena	68
4.3.2	Náklady na PHM.....	69
4.3.3	Náklady na servisní úkony	69
4.3.4	Ostatní náklady spojené s provozem.....	71
4.3.5	Celkové porovnání nákladů na 6 let provozu.....	71
4.4	Rizika naplnění závěru.....	74
	ZÁVĚR	77
	POUŽITÁ LITERATURA.....	79
	SEZNAM TABULEK.....	94
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM ZKRATEK.....	96
	SEZNAM PŘÍLOH.....	97

ÚVOD

V posledních desetiletích se automobilový průmysl stal jedním z nejdůležitějších a nejrychleji se rozvíjejících odvětví světové ekonomiky. Automobily jsou dnes nezbytným dopravním prostředkem a osobní doprava se tak zároveň stala i jedním z největších zdrojů emisí skleníkových plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování a mnohé řadě dalších problémů spojených s ekologií. V důsledku toho se automobilový průmysl v posledních desetiletích soustředí na vývoj a výrobu vozidel s nižšími emisemi a lepší energetickou účinností. To vede k neustálému vývoji automobilových pohonů, které jsou s tímto cílem neustále zdokonalovány. Na trhu se tak dnes setkáváme s různými typy od tradičních spalovacích motorů až po alternativní pohony. Do této skupiny především spadají elektromotory či hybridní pohony. Tyto nové typy pohonů jsou navrženy s cílem snížit emise, spotřebu paliva či energie a zároveň poskytnout koncovému uživateli stejnou nebo vyšší úroveň výkonu a pohodlí. Vývoj nových automobilových pohonů má tedy význam nejen z technického, ale také z ekonomického a ekologického hlediska. Nové pohony mohou přinášet úspory v provozních nákladech a přispět k ochraně životního prostředí snížením emisí skleníkových plynů v místě provozu a dalších škodlivin. Nicméně, stále existují některé výzvy, které je potřeba brát v potaz.

Cílem této diplomové práce je poskytnout analýzu a srovnání různých typů automobilových pohonů z hlediska technických, ekonomických a ekologických aspektů. Práce bude zaměřena na automobily se spalovacím motorem, hybridní vozidla, elektromobily a na vozidla s vodíkovým pohonem. Snahou je identifikovat jejich přednosti a nevýhody v oblastech jako je výkon, spotřeba paliva či elektrické energie, emise, náklady na provoz, údržbu a další. Autor se snaží podat ucelený přehled a srovnat vybrané typy pohonů, což by mohlo být užitečné pro spotřebitele, kteří se zajímají o problematiku automobilových technologií a chtějí vybrat nejvhodnější pohon pro své potřeby.

V první kapitole budou uvedena technická specifika, především se bude jednat o tradiční spalovací motory, spalovací motory s úpravami na spalování plynu, hybridní pohony, elektromotory a technologii palivových článků s využitím vodíku. V této části budou popsány jejich základní principy, analyzována jejich infrastruktura či výhody a nevýhody.

Druhá kapitola se bude věnovat ekologickým aspektům alternativních pohonů. Bude zde provedena analýza jejich dopadu na životní prostředí, včetně produkce emisí, zdroje energie a možnosti recyklace. Budou zde také diskutovány aktuální trendy v této oblasti a jejich přínos pro ochranu životního prostředí.

V třetí kapitole již budou vybrány konkrétní typy vozidel se zaměřením na ekonomiku provozu. Cílem této kapitoly je analýza nákladů na provoz vozidla v závislosti na zvoleném pohonu. Zohledněna bude nejen pořizovací cena vozidla, ale také náklady na pohonné hmoty, běžný servis a další faktory ovlivňující celkovou ekonomiku provozu.

Poslední kapitola bude věnována vzájemné komparaci vybraných automobilových pohonů. Zde budou shrnuty výsledky analýz provedených v předchozích kapitolách a bude provedeno srovnání z hlediska technických, ekologických a ekonomických aspektů. Tato kapitola bude sloužit jako závěrečné shrnutí práce a bude také poskytovat doporučení pro výběr optimálního pohonu v závislosti na potřebách spotřebitele.

1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE VYBRANÝCH AUTOMOBILOVÝCH POHONŮ

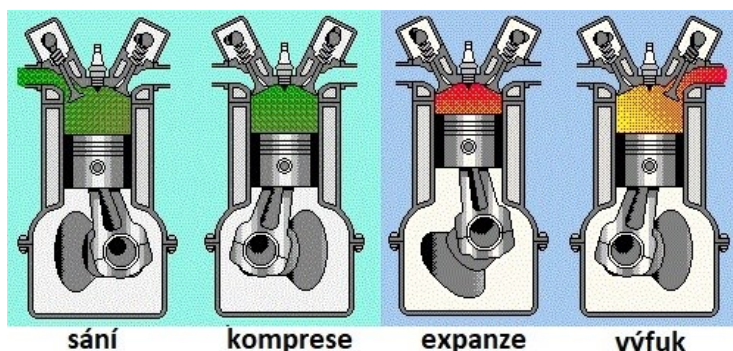
Tato kapitola se zaměřuje na popis technických parametrů čtyř různých typů pohonů v osobních automobilech. Konkrétně se jedná o spalovací motor, hybrid, elektromobil a vodíkový pohon. V této kapitole budou popsány klíčové charakteristiky každého typu pohonu. Tyto informace jsou důležité pro rozhodování spotřebitelů při výběru automobilu a také pro vývoj nových technologií v automobilovém průmyslu. V závěru této kapitoly budou uvedeny a popsány jednotlivé technické aspekty, které budou využity pro porovnání vybraných pohonů ve třetí a čtvrté kapitole.

1.1 Vozidlo se spalovacím motorem

Gscheidle (2015) charakterizuje spalovací motor jako mechanický stroj, který přeměňuje chemickou reakci mezi kyslíkem a palivem na mechanickou energii. V případě zážehového motoru tvoří hlavní části spalovacího motoru válec, píst, ojnice, kliková hřídel, zapalovací svíčky, sací ventil a výfukový ventil. Motor pracuje, dle Gscheidla (2015), buďto ve dvou dobách – sání, komprese a expanze, výfuk nebo ve čtyřech – sání, komprese, expanze, výfuk.

- **Sání** – píst se pohybuje do dolní úvrati, pomocí sacího ventilu motor nasaje do spalovací komory vzduch (v případě přímého vstřikování).
- **Komprese** – píst je v pohybu do horní úvrati, systém vstříkne benzín do spalovací komory, stlačená směs zvýší teplotu a vznítí se pomocí jiskry na zapalovací svíčke (Cebia, 2022).
- **Expanze** – zapálená směs shoří, vyvolaný tlak stlačí píst směrem do dolní úvrati.
- **Výfuk** – otevře se výfukový ventil a spaliny jsou pomocí pístu, který směřuje k horní úvrati, vytlačeny ven ze spalovací komory.

V případě vznětového spalovacího motoru je do prostoru spalovací komory jemně rozprášena nafta, uvádí Bednář (2015). Vysokou kompresí dojde k samovznícení paliva. Motor tedy nepotřebuje zapalovací svíčky.



Obrázek 1 Čtyřdobý zážehový motor – pracovní doby (Sekacky-pily.cz, 2020)

Jako hlavní výhody tohoto typu by se dala považovat jednoduchá konstrukce a nízká hmotnost, naopak se ale jedná o motor s nedokonalým spalováním, který je hlučný a znečišťuje ovzduší. Účinnost moderního spalovacího motoru se přibližně pohybuje od 25–40 %, zbytek je ztrátová energie, převážně v podobě tepla.

1.1.1 Druhy spalovacích motorů

Gscheidle (2015) dále rozděluje spalovací motor dle různých druhů kritérií.

Typ zapálení směsi

- **Zážehový** – palivová směs se vznítí pomocí elektrické jiskry na zapalovací svíče.
- **Vznětový** – ve spalovací komoře dochází ke samovznícení paliva (nafta) za pomoci přítomnosti ohřátého vzduchu (Cebia, 2022).

Chlazení – způsob jakým je motor automobilu ochlazován:

- **Vzduchem** – blok motoru má na sobě žebrování, které umožňuje vzduchu proudit kolem a tím motor ochlazovat. V praxi se jedná málo efektivní řešení a v dnešní době ho využívají především konstrukčně jednodušší motocykly.
- **Kapalinou** – tento typ využívá chladicí kapalinu, která cirkuluje mezi hlavou, válci a chladičem. Jedná se o efektivní řešení, které využívá většina dnešních automobilů, popisuje Gscheidle (2015).

Typ paliva:

- **Pevné** – Uhlí, brikety, dřevo,
- **Kapalné** – benzín, nafta nebo například petrolej,
- **Plynné** – nejčastěji se používá vodík, zemní plyn, LPG nebo CNG.

Počet a uspořádání válců:

- **Řadové** – válce jsou uspořádané za sebou. Mašek (2015) konstatuje, že jde o nejběžnější a nejvíce využívaný druh pro osobní automobily. Zpravidla se na silnicích nejvíce vyskytují motory se třemi, čtyřmi nebo šesti válci.

- **Ploché** – Někdy též označován jako boxer. Písty se pohybují horizontálně proti sobě. Využívány jsou u sportovních značek Subaru a Porsche, které si je oblíbily kvůli nízké výšce. Vozidlu tak poskytují nízké těžiště, které je důležité pro dobrou ovladatelnost (Mašek, 2015).
- **Vidlicové** – Uspořádání válců do V, v praxi ho používají spíše luxusní a sportovní vozy se šesti a více válci. Mezi značky patří např. Aston Martin, Mercedes-Benz nebo Ferrari.



Obrázek 2 Vidlicový osmiválec (Amazon, 2020)

- **Hvězdicové** – Válce jsou rozmístěné kolem klikové hřídele do kruhu. Tento typ nachází uplatnění především v leteckém průmyslu.

Umístění ventilů v motoru – slouží k ovládání sacích a výfukových ventilů:

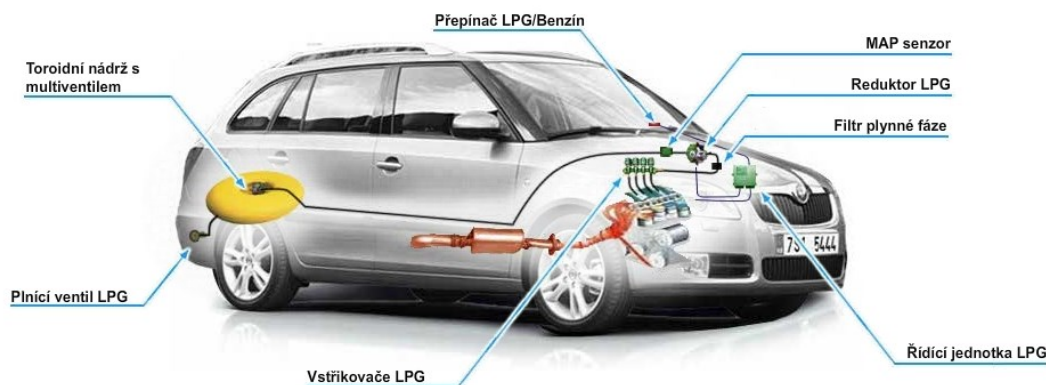
- **SV** – typ, který se již kvůli nevyhovujícímu tvaru spalovacího prostoru nepoužívá. Ventily lze zde nalézt v bloku motoru na straně válce. Ovládány jsou pomocí vačkové hřídele (Čech, 2021).
- **OHV** – Vačková hřídel se nachází v bloku motoru, zatímco ventily jsou v hlavě válců.
- **OHC** – Ventily i vačková hřídel se nachází v hlavě válce.
- **DOHC** – jedná se o modifikaci typu OHC s tím rozdílem, že vačkové hřídele jsou zde dvě – jedna vačková hřídel ovládá sací ventily a druhá výfukové ventily (Čech, 2021).

1.1.2 Spalovací motory na zemní plyn

Vozidla na zemní plyn se v České republice těší velké oblibě – zejména je to způsobené relativně dostupnou a cenově přijatelnou přestavbou vozidla a také nižší cenou zemního plynu oproti benzínu nebo naftě. Celkem rozeznáváme 4 typy – LPG, CNG, LNG a Bioplyn.

LPG patří v dnešní době mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější typ alternativního pohonu v České republice. Pod zkratkou se skrývá označení Liquefied Petroleum Gas, přeloženo jako zkapalněný ropný plyn nebo propan butan, uvádí Štěrba (2013). Jedná se o dvoupalivový

system, který umožňuje vozidlu jet na klasický benzín nebo na zemní plyn. Přepínání mezi jednotlivými pohony může probíhat automaticky a nejběžněji k tomu dochází ve dvou situacích – vozidlo na LPG vždy startuje na benzín a až při dosažení určité teploty motoru automaticky řídicí jednotka přepne na plyn nebo při vyprázdnění jedné z nádrží. Princip spalování paliva je poté podobný jako u klasického zážehového motoru. Celý proces začíná v nádrži, v praxi se lze setkat se dvěma způsoby umístění nádrže na LPG, popisuje Štěrbá (2013). První a levnější varianta je umístění nádrže válcovitého tvaru do zavazadlového prostoru. Taková nádrž pojme přibližně 45–80 litrů a hodí se spíše do dodávek nebo do vozidel s velkým zavazadlovým prostorem. Druhou a dražší variantou je umístění nádrže toroidního tvaru místo rezervy, která však pojme pouze 30–60 litrů. Každá taková nádrž je pak opatřena multiventilem, který slouží k omezení naplnění nádrže na více jak 80 % a dále jako bezpečnostní prvek při přetlakování. Pro uvedení plynu z kapalného do plynného stavu je do vozidla umístěn tzv. zplynovač, ve kterém za využití tepla dochází ke změně skupenství, které je nutné pro správné spalování plynu. Následně plyn putuje ke vstřikovačům, které dle řídicí jednotky LPG dávkuje plyn do spalovací komory v požadovaném množství. V porovnání s čistě benzinovým motorem vyžaduje LPG častější servisní kontrolu ventilové vůle, jelikož plyn je sušší, a to má za následek rychlejší zaklepávání ventilových sedel do hlavy.



Obrázek 3 Systém LPG (Autokantor, 2020)

Mezi hlavní výhody bezesporu patří nízká cena LPG – na počátku roku 2023 se cena za 1 litr LPG v České republice pohybuje okolo 17,5 Kč a oproti běžnému Naturalu 95 je to přibližně o 18,2 Kč méně. Oproti naftě je LPG levnější o 20,2 Kč. Dále dle Štěrbá (2013) díky vyššímu oktanovému číslu 101–111 motor pracuje v klidnějších otáčkách a není tolik hlučný. V neposlední řadě je podle Mangy (2016) výhodná absence karbonu, který se jinak z klasického benzínu usazuje na svíčkách, ventilech nebo pístech a tím se zkracuje životnost těchto součástí. Ve prospěch LPG také hovoří četná síť čerpacích stanic, která v České republice čítá

přibližně přes 1000 stanic. V otázce spotřeby je nutné se na tuto problematiku podívat z pohledu podílu energie v jednotlivých druhů paliv: litr LPG obsahuje zhruba 25 MJ energie, litr benzínu 31 MJ a litr nafty 38MJ. Pokud vezmeme v potaz klasické auto, tak to spotřebuje na 100 km jízdy přibližně 200 MJ energie a spotřeba se pohybuje následovně – 8 l LPG, 6,5 l benzínu a 5,3 l nafty. Z těchto dat lze vyčíst, že vůz s pohonem na LPG má vyšší spotřebu oproti benzínu nebo naftě. Stejně jako všechny pohony má i LPG své nevýhody, mezi ně řadí Dusil (2019) především častější technické prohlídky, nemožnost parkovat v podzemních garážích bez odvětrávání vzduchu nebo nestálá kvalita plynu u čerpacích stanic, která způsobuje další problémy jako vyšší spotřeba, nižší výkon nebo vyšší servisní nároky. Dle mluvčího České obchodní inspekce Fröhliche (2017) probíhá v každém měsíci 4-5 kontrolních dní, vždy v jiném regionu. Převážně se měří oktanové číslo, obsah síry, sirovodíku, odpary a uhlovodíkové složení.

Návratnost přestavby benzínového vozidla na LPG lze vypočítat dle následující tabulky. Počítáno je s aktuálními cenami pohonných hmot ke dni 1.2.2023.

Tabulka 1 Kalkulace návratnosti přestavby benzínového vozidla na LPG

Vozidlo	Toyota RAV4, rok výroby 2023, 2.0l benzin, 4 válec, 128 kW
Cena přestavby	Dle ceníku společnosti LPG Service (2023) stojí přestavba pro 4válcový motor s výkonem nad 120 kW: 32 400 Kč s DPH
Roční nájezd	15 000 km
Benzín – cena za litr	37,50 Kč
Plyn LPG – cena za litr	17,50 Kč
Spotřeba benzínu na 100 km	6,9 l
Spotřeba LPG na 100 km (navýšení o 15 %)	7,9 l
Cena za 1 km jízdy na benzín	2,6 Kč
Cena za 1 km jízdy na LPG	1,35 Kč
Cena benzínu za rok	39 000 Kč
Cena plynu LPG za rok	20 250 Kč
Ušetřená částka za 1 rok jízdy na LPG	18 750 Kč
Návratnost investice	20,5 měsíce (jedná se o orientační údaj)

Zdroj: WAPOS (2023)

Dalším palivem typu zemního plynu je CNG (Compressed Natural Gas), v překladu stlačený zemní plyn – metan. Opět se jedná o vysokooktanové palivo, které je oproti LPG zcela nezávislé na rafinaci ropy. Vozidla na tento typ paliva již v dnešní době splňují veškeré emisní normy, které budou v budoucnosti v Evropské Unii platit. Zemní plyn je skladován ve speciálních nádržích pod tlakem 200 barů, což je dle Mangy (2016) mnohem více než v případě LPG, kdy je zemní plyn skladován pod tlakem přibližně 10 barů. Dalším rozdílem mezi těmito

dvěma systémy je jiné skupenství při skladování. Manga (2016) uvádí, že LPG se skladuje v kapalném stavu a před vstupem do spalovací komory je nutné plyn zplynovat. CNG je naopak umístěno v nádrži v plynném skupenství, a tak další změna skupenství již není nutná. Další výhodou CNG je pak také to, že je možné na něj vozidlo nastartovat. V systému LPG je nejprve nutné nastartovat motor na klasický benzín a až poté lze přepnout na LPG, popisuje Štěrba (2013). V době vypracování této práce se počet stanic na natankování stlačeného plynu pohybuje okolo 220, do roku 2025 by se toto číslo mělo navýšit na 250. Velkou mírou se na rozvoji CNG podílí společnost Innogy, přední dodavatel zemního plynu a elektřiny. Cena za přestavbu na CNG u výše zmíněné Toyoty RAV 4 by se dle společnosti GERA (2023) z Hradce Králové pohybovala okolo 44 500 Kč s DPH, což je výrazně více než u přestavby na LPG. Je to hlavně způsobené drahými nádržemi, které musí udržet tlak 200 barů. Častější je tedy pořízení vozidla, které je již uzpůsobené provozu na CNG. Pořizovací ceny takového vozidla jsou srovnatelné s dieselovými variantami téhož vozidla. Například Škoda Octavia na CNG vyrobená v roce 2016 s nájezdem 100 000 km, objemem motoru 1,4 l a výkonem 81 kW stojí 268 000 Kč. Za podobnou cenu lze pořídit i naftovou variantu se stejným nájezdem, stejným výkonem i podobnou výbavou. V roce 2019 se cena CNG za 1 m³ (ekvivalent 1 litru benzínu) pohybovala okolo 22 Kč, v roce 2023 se cena díky rapidnímu zdražení energií vystoupala na téměř 40 Kč/m³, v některých částech České republiky je to až 56 Kč/m³, popisuje Čermák (2022). Výhoda levného provozu oproti benzínu se tak téměř vytratila. Pro představu je níže uvedena podobná tabulka návratnosti investice do přestavby na CNG.

Tabulka 2 Kalkulace návratnost přestavby benzínového vozidla na CNG

Vozidlo	Toyota RAV4, rok výroby 2023, 2.0l benzin, 4 válec, 128 kW
Cena přestavby	Dle ceníku společnosti GERA (2023) sídlící v Hradci Králové stojí přestavba pro 4válcový motor: 44 500 Kč s DPH
Roční nájezd	15 000 km
Benzín – cena za litr	37,50 Kč
Plyn CNG – cena za kg	42,98 Kč
Spotřeba benzínu na 100 km	6,9 l
Spotřeba CNG na 100 km	4,93 kg
Cena za 1 km jízdy na benzín	2,6 Kč
Cena za 1 km jízdy na CNG	2,12 Kč
Cena plynu CNG za rok	31 775 Kč
Ušetřená částka za rok jízdy na CNG	7 038 Kč
Návratnost investice	76 měsíců (jedná se o orientační údaj)

Zdroj: WAPOS (2023)

Až na výjimky by se dalo konstatovat, že CNG nachází využití pro veškeré typy vozidel, se kterými se můžeme setkat v běžném provozu – komunální vozidla, autobusy, tahače, vláčky pro turisty a rolby na úpravu ledu apod.

Třetí variantou je LNG neboli zkapalněný zemní plyn, který vzniká ochlazením zemního plynu na teplotu $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, uvádí Schauhuberová (2013). V přírodě se zkapalněný plyn téměř nevyskytuje, musí být tedy po vytěžení zkapalněn a následně transportován pomocí tankerů nebo případně plynovodů, pokud se jedná o kratší vzdálenost. V Evropě se nyní nachází přibližně 30 aktivních terminálů na LNG, uvádí Evropská rada (2022b). Na prvním místě je Španělsko se 6 terminály, následně Francie, Nizozemsko, Itálie a Velká Británie. Do provozu se také postupně uvádějí plovoucí terminály, které mají odlehčit kapacity těm klasickým, které v průběhu roku 2022 dosahovaly na svá maxima. Takovýto nárůst provozu tankerů a výstavby plovoucích terminálů vzbuzuje i otázky mezi vědci a ekology, které znepokojuje zvýšený pohyb tankerů na moři. Enormní investice do výstavby terminálů a obecně spalování LNG, které do ovzduší vypouští velké množství oxidu uhličitého a metanu, má tak negativní dopady na klima Země, komentuje Strnad (2022).



Obrázek 4 Plovoucí terminál na LNG (Novinky.cz, 2022)

Šustová-Salminen (2022) uvádí, že mezi přední vývozce LNG patří USA, které zajišťuje v roce 2022 71% veškeré distribuce do Evropy. Následně dováží Austrálie, Katar, Nigerie nebo Alžírsko. V porovnání s CNG má LNG mnohonásobně menší objem, takže při užití stejně velké nádrže dojde vozidlo s LNG 3x delší trasu než vozidlo s CNG. Největším problémem LNG je skladování při nízkých teplotách, které je technologicky i ekonomicky velmi náročné. Zároveň má LNG tendence se při odstavce vozidla odpařovat (Šustová.Salminen, 2022). Abychom

mohli správně určit nejlepší užití LNG, je nutné se opět podívat na jeho hlavní výhodu – mnohonásobně menší objem a tím pádem lepší dojezd. Tento typ je tak vhodný pro dálkovou nákladní přepravu, zejména pro kamiony, autobusy, lokomotivy nebo lodní dopravu, např. pro provoz tankerů. Poslední zmíněná lodní doprava na LNG bude dle Schauhuberové (2013) hrát v budoucnosti důležitou roli.

1.1.3 Výhody a nevýhody spalovacího motoru

Jednou z hlavních výhod spalovacího motoru je jeho vysoká hustota energie paliva. To znamená, že spalovací motor může uložit velké množství energie do relativně malého množství paliva. Tato vlastnost umožňuje vozidlům se spalovacím motorem dosáhnout vysokých rychlostí a vyvinout velký výkon. Další výhodou spalovacího motoru je snadné doplňování paliva a dobře přístupná infrastruktura. Většina stanic s palivem nabízí rychlé a jednoduché doplnění benzínu, naftového paliva či jiných druhů paliv. Řidiči tak mohou snadno a rychle získat potřebné palivo a pokračovat v cestě. Navíc, pořizovací cena vozidel se spalovacím motorem je často nižší než u ostatních alternativ. Vozidla se spalovacím motorem jsou také často více dostupná na trhu a nabízejí širší spektrum možností od menších osobních vozidel až po těžká nákladní vozidla. Dojezd vozidel se spalovacím motorem jsou také často lepší než u elektromobilů. To znamená, že tyto vozidla jsou vhodnější pro delší vzdálenosti a mohou být použita pro různé účely.

Nicméně, spalovací motory mají také několik nevýhod. Spalování fosilních paliv ve spalovacích motorech produkuje emise škodlivých látek, které mohou poškozovat zdraví a životní prostředí. Spalovací motory mají nižší účinnost než elektromobily, což znamená, že využívají menší podíl energie z paliva k pohybu vozidla. Takové vozidlo pak spotřebovává více paliva na ujetou vzdálenost než elektromobily. To se rovná vyšším provozním nákladům na pohonné hmoty. Navíc těžba a distribuce ropných produktů je spojena s řadou ekologických a bezpečnostních rizik, které ohrožují životní prostředí.

1.2 Vozidlo s elektrickým pohonem

Předchůdci elektromobilů se objevili již na přelomu 19. a 20. století a v té době se těšily mnohem větší popularitě než klasický spalovací motor, zejména právě kvůli univerzálnosti elektřiny, se kterou v té době mnoho vynálezců a konstruktérů experimentovalo. Elektromobily jako takové spatřily světlo světa v první polovině 19. století, tudíž mnohem dříve než Benzova tříkolka se spalovacím motorem. Za počátky elektromotoru považuje Desmond (2016) rok 1828, kdy Štefan Anián Jedlík, narozen v roce 1800 na Slovensku, zkonstruoval první prototyp elektromotoru, který se skládal z elektromagnetů. Tomu, aby se elektromobily více rozšířily a

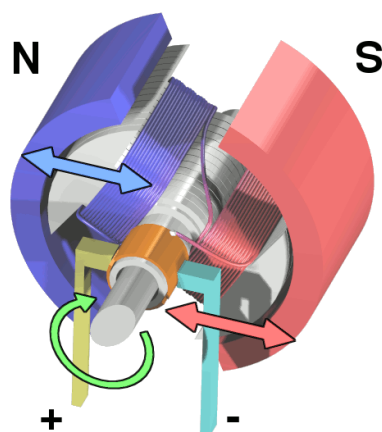
předčily tak spalovací motory, stálo v té době hned několik faktorů. Prvním z nich bylo rozšíření pásové výroby Fordu Modelu T, která snížila cenu automobilu o téměř polovinu na 400 dolarů. V té samé době byla cena elektromobilu někde okolo 1700 dolarů. Dalším důvodem bylo nalezení nových nalezišť ropy, které výrazně snížily cenu benzínu a nafty.

Bergmann (2021) charakterizuje elektromobil jako vozidlo, které se pohybuje čistě pomocí elektrické energie. K ukládání této energie je ve vozidle baterie, složená z několika článků. Elektrickou energii čerpá vozidlo ze dvou zdrojů – první zdroj je elektrická zásuvka nebo nabíjecí stanice, druhý zdroj je vozidlo samotné, které například ukládá energii z brzdění. Bergmann (2021) uvádí, že pořizovací cena elektromobilu je díky použití nejrůznějších vzácných materiálů dražší než standardní vozidlo se spalovacím motorem. V různých zemích Evropské Unie – Norsko, Island, Švédsko, Nizozemsko však existují dotace na pořízení elektromobilu, které výrazně snižují pořizovací cenu a tím zvyšují atraktivitu pro koncového zákazníka. Mezi přední výrobce a inovátory v oblasti elektromobilů patří automobilka Tesla, Kia, Hyundai, BMW, Audi.

Jednou z hlavních výhod elektromobilu je poměrně jednodušší pohonné ústrojí oproti klasickému vozidlu se spalovacím motorem. Zjednodušeně řečeno se skládá z trakčního elektromotoru, invertoru, baterie a nabíječky.

1.2.1 Elektromotor

Březinová (2020) popisuje elektromotor jako stroj, který přeměňuje elektrickou energii na energii mechanickou, přitom zachovává účinnost až přibližně 90 %. V tomto spočívá velká výhoda oproti spalovacím motorům, které mají účinnost přibližně okolo 30 %. Elektromotor funguje na principu přitahování a odpuzování jednotlivých elektromagnetických článků. Skládá se z pevné části (stator) a otočné (rotor), obě tyto části obsahují kladný i záporný pól. Jakmile jsou u sebe magnety stejných pólů, dojde k pootočení rotoru do polohy, kdy kladná část rotoru je přitáhnuta záporným článkem statoru, uvádí Březinová (2020). Setrvačností však dojde k tomu, že se opět potkají části se stejným magnetickým pólem. Dochází tedy k otáčivému pohybu, který se opakuje, dokud má elektromotor přísun elektrické energie.



Obrázek 5 Princip elektromotoru (Wikipedia, 2020)

Králová (2019) rozděluje elektromotory dle několika hledisek. Podle druhu proudu to jsou elektromotory stejnosměrné a střídavé. Střídavé elektromotory dále autorka Králová (2019) dělí na synchronní a asynchronní.

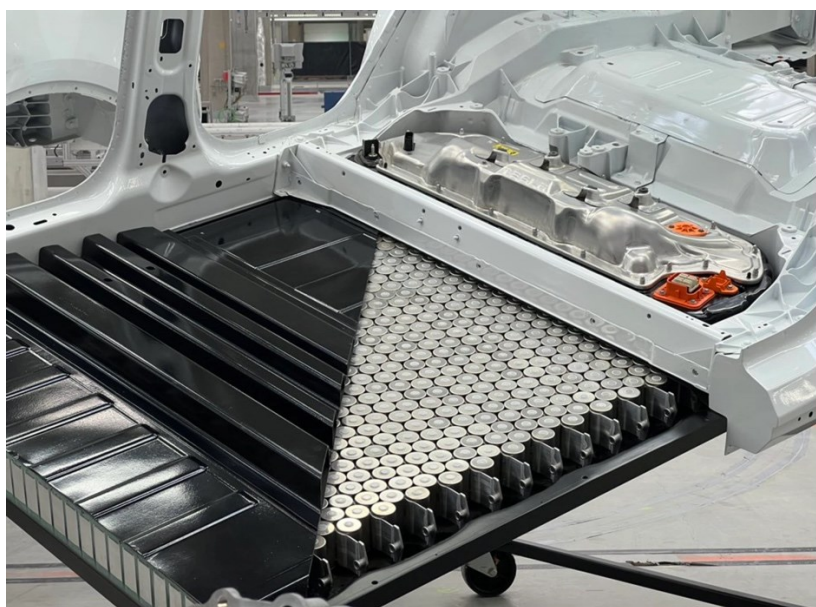
- **Stejnosměrný elektromotor** – Cotton (2020) charakterizuje tento motor jako vhodný pro aplikace, které vyžadují přepravu těžších nákladů. Je to především díky vysokému točivému momentu, kterým tento motor disponuje. V elektromobilech se již víceméně nepoužívá.
- **Střídavý synchronní elektromotor** – Šimůnek (2022) popisuje funkci tak, že rotor se otáčí spolu s točivým polem statoru. Vysoká účinnost motoru je vhodná pro dynamickou jízdu ve městě, kdy je nutné opětovně zrychlovat a zpomalovat. Srb (2021) uvádí, že tyto motory je vhodné používat na zadní nápravě elektromobilu. Dále autor popisuje, že v praxi se často používá v kombinaci s asynchronním motorem na přední nápravě.
- **Střídavý asynchronní elektromotor** – Točivý moment v tomto motoru vzniká na základě magnetického pole, které musí mít vyšší otáčky než rotor, uvádí Šimůnek (2022). Jeho největší výhodou je jednoduchá konstrukce, dlouhá životnost a hodí se především pro vyšší rychlosti a delší vzdálenosti, charakterizuje Srb (2021).

1.2.2 Invertor

Špaček (2018) popisuje invertor jako zařízení, které nachází mezi elektromotorem a akumulátorem. Převádí stejnosměrný proud uložený v akumulátoru na střídavý proud používaný v motoru elektrického vozidla. Měníč může měnit rychlost otáčení motoru úpravou frekvence střídavého proudu. Dle Bureše (2020) může také zvýšit nebo snížit výkon nebo točivý moment motoru úpravou amplitudy signálu.

1.2.3 Akumulátor a nabíjení

Jako zdroj energie je ve vozidle umístěn akumulátor, který zatím patří mezi nejdražší součást elektromobilu. Baterie se skládá z malých bateriových článků, přičemž klasická elektromobilová baterie jich má v řádu tisíců. Například elektromobil Tesla Model Y obsahuje celkem 4 680 článků, které jsou uloženy v podvozku vozidla, uvádí Mulach (2022). Jeden článek má napětí přibližně 4 V.



Obrázek 6 Baterie vozidla Tesla Model Y (Electrek, 2021)

Na akumulátory se pohlíží dle Mokříše (2021b) z několika hledisek.

- **Výkon**

Odvíjí se od vnitřního odporu baterie a udává, jakým výkonem lze baterii vybíjet nebo dobíjet. Čím nižší odpor bude, tím vyššího výkonu lze dosáhnout. Samotný výkon poté udává intenzitu práce. Baterie v kombinaci s elektromotorem nejvýkonnější verze Tesly Modelu X je schopna dle konfigurátoru Tesla (2023) podat výkon 1020 hp, což odpovídá výkonu Bugatti Veyron se šestnáctiválcovým spalovacím motorem.

- **Kapacita**

Většinou se udává v kWh a ovlivňuje dojezdovou vzdálenost elektromobilu, uvádí Mokříš (2021b). Pro dojezd je však také zásadní i hmotnost, rozměry či aerodynamika auta. V dnešní době bývají časté baterie až o kapacitě 80–100 kWh, kterými disponují například vozidla značky Tesla (Hořčík, 2021).

- **Recyklace**

Neboli jak je s akumulátorem nakládáno po ukončení životnosti. Toto téma by se dalo snadno zařadit mezi body, které hovoří v neprospěch elektromobilů, jelikož zatím neexistuje

příliš mnoho studií, které by řešily tuto problematiku. Obecně by se dalo konstatovat, že lithium-iontové baterie lze recyklovat. To však neznamená, že se to vyplatí z ekonomického hlediska. Za velkým rozvojem elektromobilů stojí především Evropská unie, která by případnými přísnými regulacemi v oblasti recyklace baterií mohla širšímu využití uškodit. Povinnost recyklovat je tedy v dnešní době minimální, uvádí redakce Hybrid.cz (2022). Složitý proces je z baterií dostat cenné suroviny jako je lithium, kobalt a nikl. Tento proces vyžaduje náročnou technologii a velké množství energie, což znamená produkci emisí CO₂. Pakliže má být elektromobilita nejvíce využívaným druhem pohonu, recyklace baterií je stěžejní záležitost, kterou je třeba vyřešit. Mezi dnes známé formy recyklace řadí Vomáčka (2023b) například pyrolýzu nebo mechanickou termodynamickou Duesenfeldovu technologii, která umožňuje za pomoci malých energetických vstupů zpětně získat velké množství obsažených materiálů v baterii.

- **Váha a těžiště**

Váha a těžiště patří také mezi zásadní parametr, jelikož ovlivňují jízdní vlastnosti automobilu. Většina baterií je umístěna v podvozku vozidla tak, aby byla co nejbližší k zemi. Baterie Tesly Modelu S o kapacitě 75 kWh váží přibližně 544 kg. Taková baterie obsahuje 5880 článků ve 14 modulech, informuje web UE Technologies (2023).

- **Teplota baterie**

Je ověřený fakt, že elektromobil má v zimním období výrazně kratší dojezd než v letním období. Kolman (2022) informuje, že je to převážně způsobené mnohem pomalejšími chemickými reakcemi uvnitř baterie, což má za následek vyšší odpor a tím vyšší ztráty. Teplotu baterie je nutné udržovat stabilní, nesmí být nízká, ale také ani příliš vysoká, ideálně v rozpětí 20-40 stupňů Celsia (Kolman, 2022). Moderní baterie tedy v sobě mají nainstalované klimatizace pro případ velmi vysokých teplot či naopak aktivní ohřev pro velmi nízké okolní teploty.

- **Cena akumulátoru**

U elektromobilu tvoří přibližně 30–50 % celkové ceny. Většina výrobců poskytuje záruku v případě, že dojde k poklesu kapacity o 30 %, případně při nájedzu 160tis. km. Pakliže je nutná výměna baterie po záruce, zákazník si musí celkovou částku hradit sám. Výrobci zpravidla ceny baterií do svých elektromobilů neuvádějí, převážně kvůli vysokým cenám, které by mohli zákazníka od koupě vozu odradit. Baterie do elektromobilu Tesla stojí zhruba 367 tis. Kč, popisuje Vrchota (2022).

- **Životnost a pokles kapacity baterie**

V zásadě rozeznává Dittrich (2022) dva způsoby degradace Li-Ion baterie. Tím prvním je degradace materiálová, při které dochází k poruše struktury, na kterou se váže lithium. Dále je to degradace daná provozem. Vliv na degradaci baterie mají především 3 faktory – přebití, nadměrné vybití a přehřátí. Výrobci instalují do vozidel různá opatření, která ve velké míře zamezují vzniku těchto problémů, nicméně je dobré dodržovat některá doporučení, které degradaci předcházejí. Prvním tipem je nenabíjet baterii na více jak 90 %, jelikož ideální provozní napětí Li-Ion baterie je v rozmezí 30-80 %, popisuje Červenka (2019). Nabíjet na 100 % je vhodné pouze tehdy, čeká-li uživatelé dlouhá cesta. Vliv na baterii má dále způsob nabíjení, popisuje Novotný (2020). Obecně platí pravidlo, že čím menší nabíjecí proud, tím méně škodlivé to pro baterii je. Nabízí se tedy otázka, jestli je vhodné využívat ultrarychlé nabíječky, které sice z části eliminují jednu ze zásadních nevýhod elektromobilů – dlouhou dobu dobíjení, avšak mají vliv na degradaci baterie. Odpověď je ano, ultrarychlé nabíječky se určitým procentem podílí na poklesu kapacity baterie. Je potřeba ale dodat, že do této problematiky opět vstupuje několik proměnných – jak často se na těchto nabíječkách nabíjí, na jakou kapacitu se nabíjí a u jaké nabíječky se nabíjí. Kvůli těmto aspektům je těžké určit, jak moc baterie degraduje. Názory uživatelů se liší, někteří hlásí velké ztráty, jiní naopak.

- **Typ baterie**

Dolan (2023) určil celkem 5 typů baterií, které patří v dnešní době mezi nejpoužívanější. Tím prvním je olověný akumulátor, který se v rané fázi elektromobility používal i pro pohánění elektromobilů typu GM EV 1 nebo Ford Ranger EV, popisuje Dolan (2023) Nicméně největší využití našel tento typ baterie u vozidel se spalovacím motorem pro nastartování. Díky špatným vlastnostem jako je nízká účinnost a citlivost na nízké teploty se v elektromobilech již přestaly používat. Pro tyto nedostatky olověných akumulátorů se začaly využívat Nikl-Metal Hydridové baterie, které jsou sice více odolné, ale poměrně drahé a využití našly spíše u hybridních pohonů, informuje Dolan (2023). Bezesporu nejpoužívanější jsou však lithium-iontové baterie, vysvětluje Pollard (2022). Tyto typy baterií jsou již velmi technologicky vyspělé a lithium se osvědčilo jako vhodný materiál pro uchování elektrické energie na delší dobu, než to umožňují jiné materiály. Oproti ostatním bateriím mají také menší sklony k přehřátí. Ovšem mají i několik nevýhod, a to zejména díky vzácnosti lithia, jehož těžba má velký vliv na životní prostředí (Ali, 2022). Lithium se také používá v bateriích do mobilních telefonů, tabletů a notebooků. Autor článku Dolan (2023) uvádí i baterie solid state neboli s pevným elektrolytem, které jsou zatím ve vývoji, především u automobilek BMW a Toyota. Jako hlavní výhodu oproti lithium-iontovým bateriím určil Dohnal (2023) jednoduchost, jelikož články není třeba sestavovat z jednotlivých modulů, oddělovací složkou je zde právě elektrolyt.

Jakou pátou nejpoužívanější baterii řadí autor článku lithium-sírové baterie, které mohou stejně jako solid state baterie poskytovat elektromobilu delší dojezd. Majling (2019) však upozorňuje, že v širším rozšíření brání jejich poměrně krátká životnost a nestabilita, kterou se vědci snaží vyřešit grafénovým aerogelem.

- **Nabíjení baterie**

Důležitým aspektem užívání elektromobilů je také místo a způsob dobíjení. Jednoduše lze konstatovat, že elektromobil se dá nabíjet nízkým nebo vysokým výkonem, doma nebo veřejných prostorech. Princip funguje tak, že dobít elektromobil lze pomocí střídavého (AC) nebo stejnosměrného (DC) proudu. Vozidlo umí pracovat s oběma typy proudu, avšak do baterií umí ukládat pouze DC proud, píše Bergmann (2021). Z toho vyplývá, že dobíjení AC proudem trvá o mnoho déle, jelikož vozidlo si musí samo AC proud převést na DC proud, který potom uloží do baterie. Proud v autě převádí palubní nabíječka, kde výkon je přímo úměrný času nabíjení. Běžný výkon domácích nabíječek se přibližně pohybuje v rozmezí 3,6 - 22 kW.

V následující tabulce jsou zobrazeny všechny dostupné množství dobíjení elektromobilu, seřazené dle výkonu od nejmenšího po největší. V pravé části jsou poté u jednotlivých typů doplněny časy nabití vozidla Toyota bZ4X s baterií o kapacitě 71,4 kWh pro dva scénáře, jeden je z úplného vybití na 100 % a druhý pro nabití z 20 na 80 %, což je ideální rozpětí pro lithium-iontové baterie. Pro výpočet času nabití byla využita kalkulačka na webových stránkách Home Charging Stations (2023).

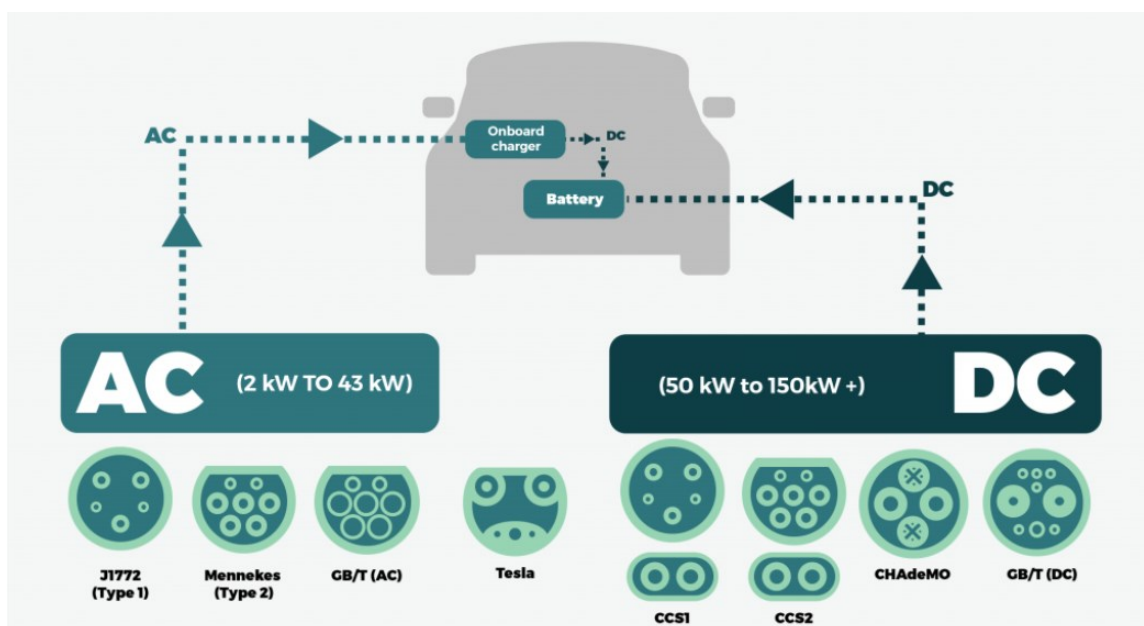
Tabulka 3 Různé možnosti dobíjení elektromobilu s konkrétními časy pro vůz bZ4X

Parametry			Toyota bZ4X 71,4 kWh		
Typ nabíjení	Proud	Výkon	Nabití z 0 na 100 %	Nabití z 20 na 80 %	
Domácí nabíjení	Zásuvka 230 V	2,3 kW 10 A	34 h 29 m	20 h 41 m	
		3,6 kW 16 A	22 h 02 m	13 h 13 m	
	Zásuvka 400 V	AC	11 kW	7 h 12 m	4 h 19 m
	Wallbox	AC	22 kW	3 h 36 m	2 h 09 m
Veřejné nabíjení	Rychlá nabíječka	AC	40 kW	2 h 00 m	1 h 11 m
	Rychlá nabíječka	DC	100 kW	0 h 57 m	0 h 32 m
	Ultrarychlá nabíječka	DC	150 kW a více	0 h 44 m	0 h 24 m

Zdroj: Elektrickevozy (2022), Home Charging Stations Calculator (2023), upraveno autorem

Problémem domácího nabíjení mohou být ztráty elektrické energie, v některých případech i dokonce až 20 %, popisuje Cibulková (2022). V nezávislém testu byly porovnávány 4 elektromobily různých značek, které byly dobíjeny z domácí zásuvky. Nejhůře si vedl elektromobil Renault Zoe, u něhož ztráty při dobíjení dosahovaly téměř 24 %. U Tesly Modelu 3 byla ztráta 15,2 %.

U elektromobilů se lze setkat s několika typy konektorů pro dobíjení. Těmi nejrozšířenějšími v Evropské unii jsou Typ 2 Mennekes a CHAdeMO, popisuje Mára (2019). První zmíněný se využívá pro dobíjení AC proudem a je schopen dobíjet výkonem až 44 kW. CHAdeMO je pro dobíjení DC proudem. Velké popularitě se v dnešní době také těší CCS Combo 2, na který přechází například automobilka Nissan nebo se nachází i u evropské verze automobilu Tesla Model 3 (Tomíšek, 2020). Největší výhodou systému CCS je výkon, jelikož taková nabíječka je schopna dobíjet automobil i výkonem 350 kW, komentuje Hořčík (2017). Limitující je pak v tomto případě pouze výkon vnitřní nabíječky vozidla.



Obrázek 7 Typy konektorů pro dobíjení elektromobilu (Versinetic, 2023)

1.2.4 Infrastruktura elektromobility

MPO (2022) eviduje ke dni 31.12.2022 v České republice 1 364 veřejných dobíjecích stanic a celkem 2 643 dobíjecích bodů, 745 DC a 1898 AC. Dále tu lze nalézt i rychlonabíjecí stanice, kterých je v ČR podstatně méně, přibližně okolo 350. Tyto stanice poskytují výkon i 50 kW. Výjimkou nejsou ani ultrarychlé stanice, které se vyskytují pod značkami ČEZ, IONITY, PRE nebo Tesla Supercharger a jsou schopné nabíjet s výkonem 250–350 kW úplně vybitou Teslu Model 3 za 15-20 minut, uvádí Bergmann (2021). Březinová (2019) poukazuje na zajímavý fakt, a to je cena výstavby jednotlivých typů veřejných dobíjecích stanic. Z těchto dat vyplývá, že postavení veřejné infrastruktury na elektromobilitu je poměrně nákladná záležitost.

Tabulka 4 Přibližná cena výstavby jednotlivých typů veřejných dobíjecích stanic

	AC stanice	DC stanice	Ultra DC stanice
Přibližná cena výstavby	150 – 300 000 Kč	1 000 000 Kč	3 000 000 Kč

Zdroj: Březinová (2019)

Nejvíce rozšířené nabíječky jsou AC proudem, jelikož nepotřebují takový výkon a je možné je postavit prakticky kdekoliv. Často bývají například v hotelech, restauracích či obchodních domech, kde je automobil zaparkovaný na delší dobu, informuje Buček (2022). Rychlost nabíjení hraje zásadní roli v životnosti baterie, proto spousta výrobců maximální možný výkon pro nabíjení omezují, aby předešly rychlé ztrátě kapacity baterie u svých vozidel. Platí tedy, že nejšetrnější je nabíjení pomalým výkonem na dlouhou dobu. Z mapy dobíjecích stanic níže lze usoudit, že infrastruktura je až na pár míst dobře pokryta. Dá se očekávat, že množství se v budoucnu několikanásobně navýší.



Obrázek 8 Mapa veškerých dobíjecích stanic v ČR (Čistá doprava, 2023)

1.2.5 Výhody a nevýhody elektromobilu

Hlavními výhodami elektromobilu je účinnost, která se pohybuje přibližně kolem 70–80 %, z toho 15 % je rekuperační brzdění. Výhodou je také možnost dobít elektromobil ze zásuvky prakticky kdekoliv – domácí zásuvka, veřejná dobíjecí stanice, rychlonabíječky a ultranabíječky. Elektromobilu je také přiřazena SPZ s počátečními písmeny „EL“, se kterou je možné parkovat zdarma v placených zónách nebo jezdit po českých dálnicích zdarma. Dále elektromobil vyžaduje přibližně o 40 % méně servisních úkonů, než je tomu u spalovacího motoru, ovšem servis elektromobilu bývá složitější a náklady na jednotlivé provozní úkony

mohou být vyšší. Jedním z hlavních důvodů pořizování elektromobilů je ekologie, u které by se dalo konstatovat, že je v tomto případě rozporuplná. Na jedné straně je ekologický provoz – vozidlo neprodukuje v místě provozu žádné emise, na druhé straně je však původ elektrické energie, která v mnoha případech pochází z fosilních paliv. Dalším kontroverzním tématem je přítomnost baterií, které jsou vyráběné ze vzácných kovů, jejichž těžba má za následek degradaci životního prostředí a v některých případech i upírání lidských práv.

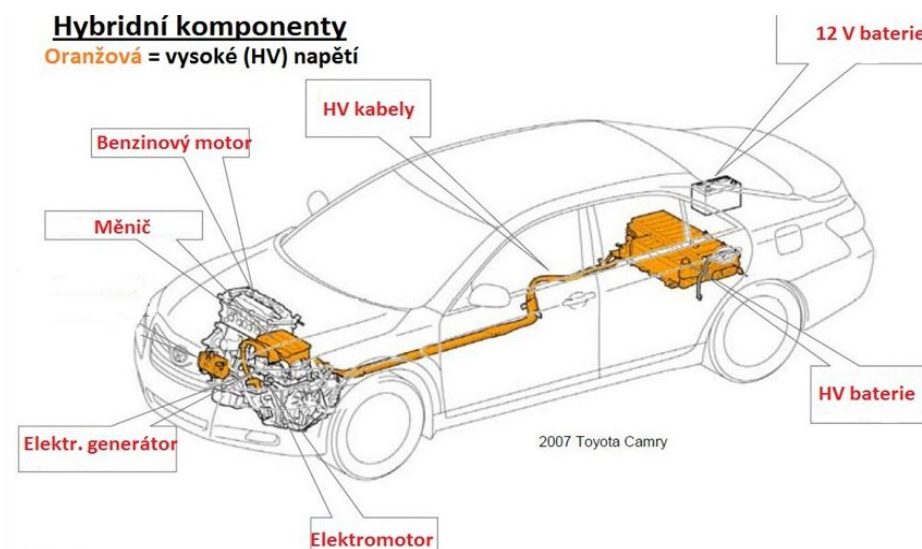
Elektromobily tak mají i několik nevýhod, které omezují jejich použitelnost a rozšíření v automobilovém průmyslu. Jednou z hlavních nevýhod je jejich omezený dojezd na jedno nabití baterie. I když se v minulých letech dojezd mnohonásobně zlepšil, stále je to pro mnoho uživatelů rozhodující fakt, který při koupi nového vozidla rozhodne o výběru jiného druhu automobilového pohonu. Krátkým dojezdem trpí zejména levnější modely, které mohou mít nižší kapacitu baterie.

Další nevýhodou je dlouhá doba nabíjení. Ačkoliv je v dnešní době k dispozici mnohem větší množství rychlonabíjecích stanic, nabíjení baterie elektromobilu stále trvá mnohem déle než plnění nádrže u spalovacího motoru. To může být problematické pro řidiče, kteří potřebují rychle doplnit do vozidla energii a pokračovat v cestě.

V neposlední řadě je u elektromobilů mnohem vyšší pořizovací cena oproti podobnému vozidlu se spalovacím motorem. V mnoha případech je to i rozdíl v řádu sto tisíců Kč, které si musí zákazník připlatit za možnost vlastnit elektromobil.

1.3 Vozidlo s hybridním pohonem

Jako hybridní pohon označuje Dusil (2018) kombinaci více zdrojů energie pro pohon jednoho vozidla. Samotná myšlenka tohoto pohonu spatřila světlo světa již v závěru 19. století, kdy Ferdinand Porsche sestrojil vůz pro rakouskou společnost Lohner, Porsche využil spalovací motor k pohonu dynama, které dobíjelo akumulátory. Energie z akumulátorů poté poháněla elektromotor, popisuje Hořčík (2009a). Nejpopulárnější je v dnešní době kombinace elektromotoru a spalovacího motoru. Velkou výhodou tohoto druhu je, že vozidlo dosahuje výrazně nižších emisí CO₂ než klasické vozidlo se spalovacím motorem. Díky této výhodě mají často tato vozidla povolený vjezd do městských center, levnější dálniční známku, levnější parkování nebo spoustu dalších výhod. Hybridní systém umí také efektivně ukládat kinetickou energii z brždění (rekuperace) a uložit ji do akumulátoru pro další využití. Mezi přední výrobce a inovátory v oblasti hybridních pohonů patří dle Dusila (2018) Toyota, Hyundai, Lexus, Kia, Honda, Ford. V dnešní době však nabízí hybridní pohon téměř každá velká automobilka v různých provedeních – sedan, hatchback, SUV, sportovní coupé atd.



Obrázek 9 Hybridní pohon (SlidePlayer.cz, 2007)

1.3.1 Druhy hybridních pohonů

Technologie hybridního pohonu nabízí hned několik řešení. Převážně se jedná o poměr využití mezi spalovacím motorem a elektromotorem. V nejklaasičtějších případech zastává elektromotor pouze funkci pomocnou při nastartování vozidla, v opačném případě umí vozidlo pro pohon využít zcela elektrickou energii (Dusil, 2016). Zpravidla rozeznává autor dva druhy dělení pro hybridní vozidla: dle uspořádání hnacího ústrojí nebo podle stupně hybridizace.

Dle hnacího ústrojí hybridního pohonu popisuje Švamberk (2018) celkem tři typy – sériový, paralelní a kombinovaný pohon.

- **Sériový hybrid**

Princip sériového hybridu přirovnává Hořčík (2009b) k diesel-elektrické lokomotivě, hlavní pohonnou jednotkou je ve vozidle elektrický motor a spalovací motor slouží jako generátor elektrické energie. Spalovací motor tak není nijak mechanicky napojen na pohonné ústrojí. Dusil (2016) také dodává, že tímto se zásadním způsobem prodlužuje životnost spalovací jednotky, jelikož motor pracuje v úzkém pásmu otáček, čímž je maximálně efektivní.

- **Paralelní hybrid**

Spalovací motor i elektromotor jsou mechanicky spojeny s pohonným ústrojím. To zanevňuje, že uživatel si pro pohon vozidla může zvolit, který agregát bude chtít. Lze zvolit buďto jeden z nich nebo oba naráz, uvedl Bergmann (2021).

- **Sériově-paralelní (kombinovaný) hybridní pohon**

Jedná se o kombinaci výše uvedených hybridních pohonů, která spojuje vlastnosti sériového a paralelních zapojení. Podle Švamberka (2018) poté řídicí jednotka volí jednotlivý systém podle stavu baterie či jízdních vlastností. Dle Dusila (2016) je jednou z hlavních

nevýhod celého systému složitost, jelikož se zde kombinují dva rozdílné pohony, které musí pracovat v symbióze.

V závislosti na stupni využití elektromotoru dále rozděluje Gscheidle (2015) hybridní pohony na Micro, Mild, Full a Plug-In hybrid.

- **Micro hybrid**

Jedná se o vozidla vybavené systémem Start/Stop. Místo startéru vozidlo disponuje malým generátorem elektrické energie, který startuje spalovací motor a zároveň generuje elektřinu pro příslušenství v autě, popisuje Liu (2017).

- **Mild hybrid**

Tento typ pohonu by se dal označit jako za druhou jednodušší variantu hybridního pohonu, jelikož elektromotor má zde funkci podpůrnou (Dusil, 2016). Hlavní pohon vozidla obstarává spalovací motor, zatímco elektromotor podporuje klikovou hřídel a startér při nastartování vozidla. Automobil tak neumí jet čistě na elektrický pohon, uvádí Dusil (2018). Systém obsahuje síť pro napětí 48 V a pro uložení elektrické energie z rekuperace brzděné energie je zde k dispozici malý akumulátor. Vozidlo tak není vybaveno zásuvkou pro přívod externí energie.

- **Full hybrid (někdy označován také jako Strong Hybrid)**

Pohon kombinuje klasický zážehový spalovací motor s elektromotorem, uvádí Bergmann (2021). Elektromotor vypomáhá při nižších rychlostech nebo v případech, kdy bývá provoz spalovacího motoru nejméně ekonomicky výhodný – zrychlení, jízda v koloně atd. Kombinace mezi oběma motory funguje automaticky bez jakéhokoliv zásahu uživatele vozidla. S Mild hybridním pohonem sdílí následující vlastnosti: nelze dobíjet z elektrické sítě a energie se dobíjí rekuperací brzděné energie. Automobil takto dosahuje vysoké úspory paliva (Dusil, 2016).

- **Plug-in hybrid**

Rozšířená verze klasického hybridního pohonu nabízí výkonnější elektromotor a vysoko-kapacitní akumulátor, který lze pomocí zásuvky dobíjet z elektrické sítě, píše Gscheidle (2015). Uživatel vozidla se nemusí obávat o omezený dojezd, vozidlo umí i tak jet čistě na spalovací motor a dobíjení ze sítě není nutností, avšak pravidelným dobíjením lze výrazně ovlivnit úspornost vozidla. Vozidlo má tak dva zdroje elektrické energie – vedle dobíjení ze sítě je zde i rekuperace při brzdění. Při častém dobíjení lze v některých případech dosáhnout dojezdu až 50 km, popisuje Volšický (2020). Ideální je tedy tento typ například pro dojíždění

do práce, kdy z vesnice do města se dá dojet na klasické palivo, zatímco pro jízdu ve městě lze využít čistě elektrický pohon. Typickými výrobci tohoto pohonu jsou Toyota, Honda, Hyundai.

1.3.2 Výhody a nevýhody hybridního pohonu

Jednou z hlavních výhod hybridního pohonu je nižší spotřeba paliva. Elektrický motor umožňuje vozidlu využít rekuperaci, což znamená, že při brzdění se energie, která by jinak byla ztracena, ukládá do baterií. Tato energie se následně využívá při akceleraci a snižuje tak potřebu paliva. To znamená i nižší emise CO₂, jelikož elektromotor neprodukuje žádné emise.

Hybridní pohon také nabízí výhody v podobě nižších nákladů na údržbu. Díky kombinaci obou motorů se snižuje namáhání spalovacího motoru, což může vést k menšímu opotřebení a snížení počtu nutných oprav.

Mezi nevýhody hybridního pohonu je možné zahrnout vyšší náklady na pořízení vozidla. Hybridní pohony jsou často dražší než vozidla se standardním spalovacím motorem, což může být pro některé potenciální zákazníky překážkou. V některých případech se jedná o nárůst v řádech desítek až stovek tisíc korun.

V neposlední řadě můžeme k nevýhodám zařadit složitost, jelikož systém kombinuje dva různé typy pohonů. Údržba a servis tedy vyžadují určitou odbornost, což se může znamenat dražší práci automechanika.

1.4 Vozidlo na vodíkový pohon

Auto na vodík označuje Majling (2015) v podstatě jako elektromobil, který má místo baterií palivové články. V minulosti existovalo i několik prototypů spalovacích motorů, které místo benzínu či nafty spalovaly vodík, tento princip se však nikdy nedostal do sériové výroby. Mezi přední výhody vodíkového pohonu patří tichý provoz, nulové emise v okolí pohybu vozu a rychlé natankování vodíku za ideálních podmínek. Vodíková auta navíc dokáží čistit vzduch tím, že do ovzduší vypouští vodní páru (Sedláček, 2021). Dojezd se pohybuje kolem 600 km v závislosti na objemu nádrže. Toyota Mirai 2. generace je například schopná dojet v ideálních podmínkách na jedno natankování i 1000 km, uvádí Herbich (2021).

Elektromotoru dodává energii palivový článek, ve kterém se odehrává chemická reakce mezi vodíkem a kyslíkem, popisuje Majling (2015). Jelikož palivový článek nedokáže vyprodukovat dostatek energie pro pohon vozidla, musí mu při rozjezdech nebo prudkém zrychlení vypomáhat baterie. Umístit do vozidla palivový článek, který by dokázal vozidlo pohánět sám, nynější technologie zatím neumožňují. Takový palivový článek by byl příliš velký a také velmi drahý, popisuje autor (2016). Mezi nejznámější vodíkové modely patří Toyota

Mirai první a druhé generace, Hyundai Nexo, Honda Clarity a Mercedes-Benz GLC F-Cell, komentuje Bureš (2022).



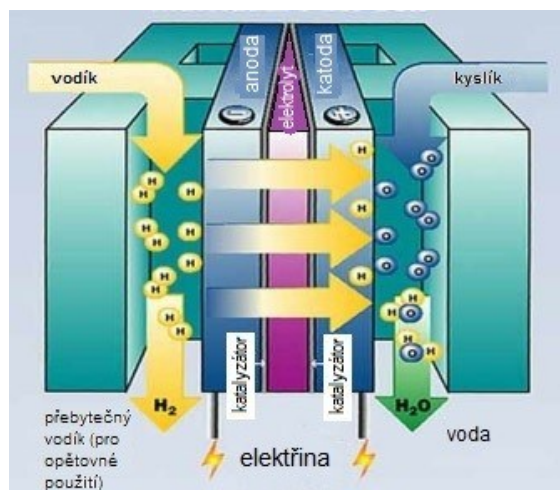
Obrázek 10 Uspořádání vodíkového pohonného ústrojí Toyota Mirai (InsideEVs, 2021)

Obrázek č. 10 upozorňuje na poměrně složité a prostorově náročné vodíkové pohonné ústrojí. Díky velkým nádržím na vodík, palivovému článku, baterii a elektromotoru ve vozidle je omezený volný prostor, než jaký známe například u elektromobilů.

1.4.1 Funkce palivového článku

Palivový článek je zařízení, které přeměňuje chemickou energii na energii elektrickou, popisuje Majling (2015). Mimo elektřinu dochází také k výrobě tepla a vody. Palivové články se dnes používají v celé řadě aplikací. Poskytují energii domácnostem a podnikům, udržují provoz důležitých zařízení – nemocnice, obchody s potravinami, datová centra nebo se také hodí pro pohyb různých vozidel, včetně automobilů, autobusů, nákladních automobilů, vysokozdvížných vozíků, vlaků a dalších (Majling, 2015). Systémy palivových článků jsou spolehlivým a tichým zdrojem energie, které se nemusí periodicky dobíjet jako baterie, ale místo toho pokračují ve výrobě elektřiny, pokud je k dispozici zdroj paliva.

Palivový článek se skládá z anody, katody a elektrolytové membrány. Typický palivový článek funguje tak, že vodík prochází anodou palivového článku a kyslík katodou. V místě anody katalyzátor rozděluje molekuly vodíku na elektrony a protony. Protony procházejí porézní elektrolytovou membránou, zatímco elektrony jsou protlačovány obvodem a vytvářejí elektrický proud a přebytečné teplo. Na katodě se protony, elektrony a kyslík spojují a vytvářejí molekuly vody. Protože zde nejsou žádné pohyblivé části, pracují palivové články tiše a s vysokou spolehlivostí, popisuje funkci web asociace FCHEA (2023).



Obrázek 11 Funkce palivového článku (TZBinfo, 2018)

Šrubařová (2018) stanovila celkem dva nejpoužívanější typy palivových článků, které nacházejí uplatnění i v automobilovém průmyslu.

- **PEMFC – Palivový článek s polymerní membránou**

Jedná se o nejběžněji se vyskytující typ palivového článku. Mimo automobilů se vyskytuje jako například záložní zdroj v kancelářích (Šrubařová, 2018). Tento typ využívá kombinaci vodivé membrány pro protony (PEM) a polymerního elektrolytu. Takový článek má funkční životnost okolo 2 000 – 4 000 hodin. Mezi nevýhody patří především vysoké výrobní náklady, popisuje autorka (2018).

- **AFC – Alkalický palivový článek**

Majling (2015) charakterizuje tento typ článku jako nejjednodušší. Uplatnění nachází například v kosmickém programu NASA. Využívá elektrolyt s alkalickými kovy, což jsou převážně hydroxid draselný a hydroxid sodný. Pro katalyzátory umí tento typ využít i jiné druhy materiálu než pouze platinu. Jedná se tak o hlavní výhodu, uvádí autor (2015). Hlavní nevýhodou je velká náchylnost elektrolytu ke kontaminaci oxidem uhličitým.

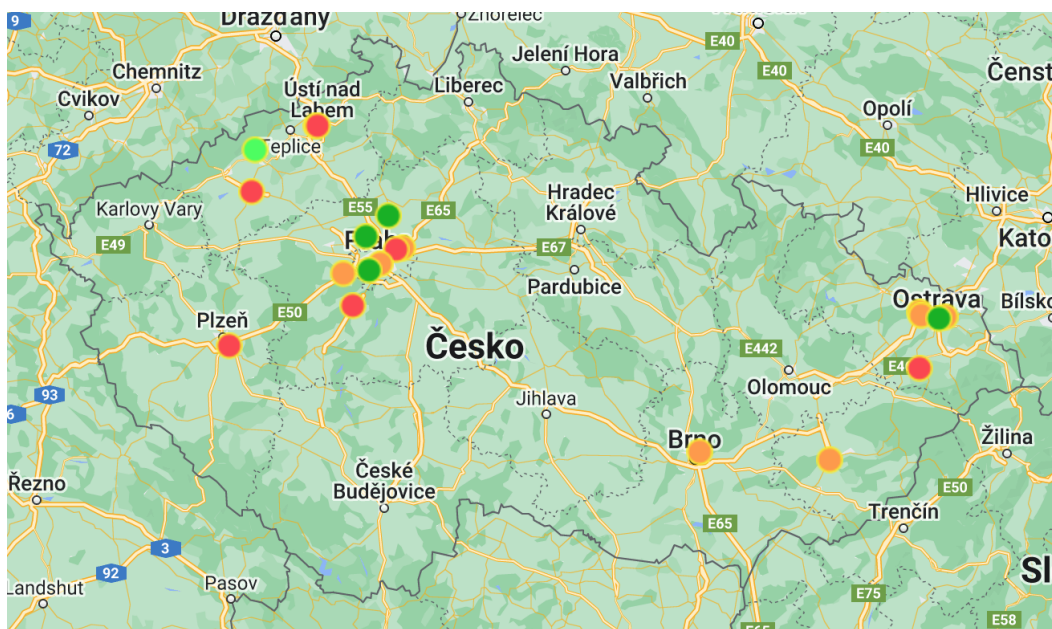
V dnešní době tvoří vodík v celosvětovém měřítku jen velmi malou část energetického mixu. Především je to pro dosavadní výrobu, která probíhala převážně z fosilních paliv, avšak s rozmachem energie z obnovitelných zdrojů by se vodík mohl těšit většímu využití. Mnozí ho dokonce označují za palivo budoucnosti. Značnou podporu má také z Evropského parlamentu, který v roce 2020 vydal dokument „Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu“, kde je stanovený plán do roku 2050 na začlenění vodíku jako jednoho ze stavebních kamenů pro budování klimaticky neutrální ekonomiky a tím snížení závislosti na fosilních palivech, uvádí tento dokument (2020). Cílem je vytvořit příznivé prostředí pro výzkum a inovace v mezinárodním rozměru, zvýšení nabídky/poptávky po vodíku a rozšíření infrastruktury

včetně transevropských energetických a dopravních sítí. Vláda České republiky již tento plán schválila, avšak se neočekává, že by se ČR stala velkým výrobcem vodíku, jelikož v EU jsou státy s příznivějšími geografickými podmínkami. Česká republika spíše nalezne uplatnění pro dodávání vodíkových technologií a pro přepravu vodíku díky poloze ve středu Evropy, uvádí Janura (2021) z Ministerstva průmyslu a obchodu.

1.4.2 Infrastruktura vodíkového pohonu

Omezená infrastruktura je jednou z nevýhod vodíkového pohonu, jelikož zásadně ovlivňuje celkovou flexibilitu při užívání tohoto typu vozidla. V současné době je infrastruktura pro tankování vodíku stále velmi omezená. Vodíkové čerpací stanice jsou vzácné, což znamená, že majitelé vodíkových automobilů mohou mít omezený dojezd a musí pečlivě plánovat své cesty. Web H2 Station Maps (2023) uvádí, že vybudovat vodíkovou stanici, která je schopna denně poskytnout 180 kg vodíku, stojí včetně vybavení, konstrukce, designu a povolení přibližně 2 mil. EUR, v přepočtu 48 mil. Kč.

Níže se nachází mapa veškerých vodíkových stanic v České republice, zeleně jsou označené v provozu (4), oranžové v přípravě (9), světle zelené v realizaci (1) a červené jsou pouze zatím v záměru (6), informují webové stránky Čistá doprava (2023). V České republice by mělo být do roku 2025 funkčních 12 vodíkových stanic, do roku 2030 se toto číslo mělo navýšit na 80 (Forbes, 2023).



Obrázek 12 Mapa vodíkových čerpacích stanic (Čistá doprava, 2023)

1.4.3 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu

Nulové emise u výfukových plynů jsou jednou z největších výhod vodíkového automobilu, který produkuje pouze vodu jako vedlejší produkt. To znamená, že vodíkové automobily jsou ekologičtější než klasická vozidla na fosilní paliva, nicméně je potřeba vzít v potaz, jak a z jakého zdroje je vodík vyráběný. Existuje vodík vyrobený z fosilních paliv, ale také vodík vyrobený z přírodních zdrojů.

Vysoká energetická účinnost je další výhodou tohoto pohonu, vodíkové automobily jsou energeticky velmi účinné, protože vodíkové palivové články mají vysokou účinnost při přeměně vodíku a kyslíku na elektřinu. To znamená, že vodíkové automobily mohou mít větší dojezd než elektromobily na baterie.

Oproti elektromobilům je také možné zmínit rychlé doplnění paliva, jelikož natankování vodíkového paliva trvá v ideálním případě v řádech několika minut, což je srovnatelné s časem potřebným k natankování klasického automobilu na benzín nebo naftu.

Na druhé straně, vodíkové automobily jsou stále velmi drahé kvůli vysokým nákladům na výrobu palivových článků a dalších součástí. Tyto automobily zatím sériově vyrábí pouze velmi malé procento výrobců. Pakliže se technologie vodíku uchytlí, dá se očekávat postupné snižování pořizovací ceny až na hranici, kdy bude tento pohon konkurovat klasickým elektromobilům na baterie.

V neposlední řadě jsou zde bezpečnostní rizika. Vodíkové palivo je velmi hořlavé a může být nebezpečné v případě jakéhokoliv úniku do ovzduší. To znamená, že vodíkové automobily vyžadují speciální bezpečnostní opatření, aby se minimalizovaly rizika spojená s manipulací, a to se vztahuje na kterýkoliv bod distribučního řetězce, včetně nádrží v automobilu, které musí obstát vysoké tlaky.

1.5 Ostatní druhy pohonů

V této podkapitole bych rád krátce poukázal na fakt, že výše popsané technologie nejsou jediné, které by se mohly v budoucnosti vyskytovat na našich silnicích. Spíše ale než zcela nové pohony budou mít přednost modifikace těch stávajících. Zejména je to způsobené značnými investicemi, které by byly nutné pro vynalezení zcela nové technologie. Proto zde uvedu pár příkladů, jaké úpravy stávajících pohonů mají v dnešní době přednost.

Ekvivalentem může být například pohon na dusík, který lze také použít jako palivo pro upravené spalovací motory s nízkou produkcí emisí CO₂. Když se dusík odpaří, může být také nasazen k pohonu pohonné jednotky podobné parnímu stroji. Tekutý dusík je sice široce a levně dostupný, nicméně má také svá negativa. Především jeho velmi nízká teplota - 210 stupňů

Celsia. Mimo dusík lze také u klasických spalovacích motorů využívat další 3 typy paliv – bioplyn, biodiesel a bioethanol, uvádí Taylor (2013).

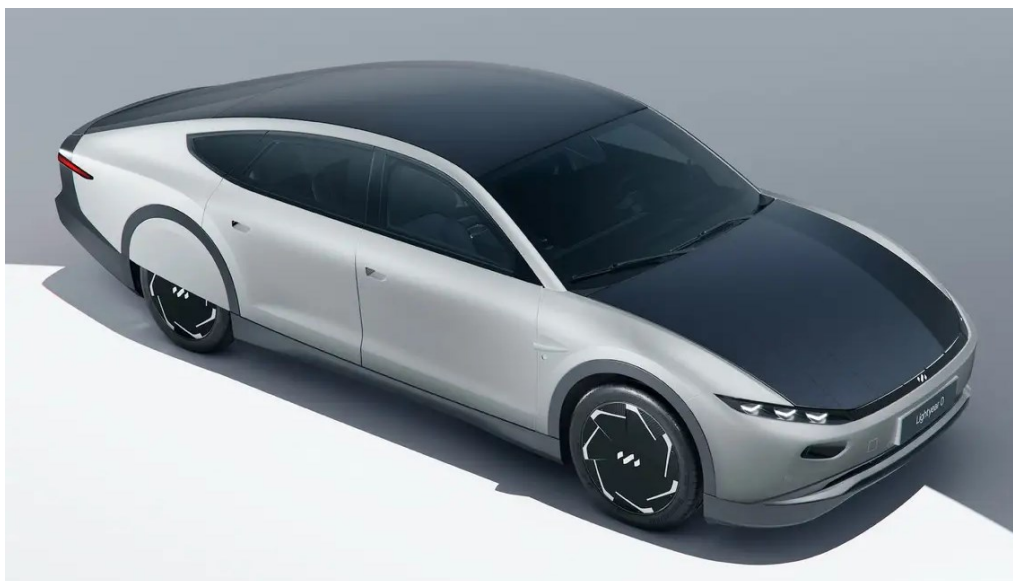
Bioplyn se skládá převážně z metanu a oxidu uhličitého. Pochází z rozkládajícího komunálního odpadu, potravinového odpadu, odpadních vod nebo zvířecího odpadu. K přeměně na plyn dochází pomocí „anaerobní přeměny“ ve vyhnívací nádrži. Aby k takovému procesu došlo, musí být odpadní materiál uzavřen v prostředí, kde není žádný kyslík.

Biodiesel je obnovitelné a biologicky odbouratelné palivo pro klasické diesellové motory vyráběné z rostlinných olejů, živočišných tuků nebo recyklovaného restauračního tuku, charakterizuje Olšanský (2011). Bionafta splňuje celkové požadavky na pokročilá biopaliva podle normy pro obnovitelné palivo. Pěstování modifikované řepky olejky nebo podobných rostlin má ale také svá ekologická úskalí – zejména množství půdy, které by bylo potřebné pro uspokojení stávající poptávky po naftě. Znamenalo by to také využití půdy, která je potřebná k pěstování potravin pro lidské potřeby.

Bioethanol se získává fermentací a destilací ze škrobů nebo cukru, například kukuřice nebo cukrové třtiny, uvádí stránky EthanolEnergy (2023). Směs 5 % bioetanolu s 95 % benzínu lze použít ve všech benzínových motorech a snižuje emise oxidu uhličitého o 3,5 %. Benzínové motory lze upravit tak, aby byly poháněny až 85 % bioetanolem.

Dále pro funkcionalitu palivových článků lze použít mnoho druhů paliv. Nejčistším typem paliva je již dříve zmíněný vodík, ale mezi další paliva patří také metanol, etanol a čpavek. Použití jiných paliv může být v blízké budoucnosti prospěšné pro komercializaci palivových článků, popisuje Spiegel (2017). Avšak je nesporné, že pro výrobu energie palivových článků bude prioritní vodík vyrobený environmentálně přijatelným způsobem.

Nelze také nezmínit vozidla na solární pohon, které si v dnešní době razí cestu mezi alternativními pohony. Koncept je přitom velmi podobný elektromobilu, který napájí lithium-iontová baterie, charakterizuje Melich (2022). Hlavním zdrojem elektrické energie je však sluneční energie, kterou si automobil umí vyrobit. Doposud se solární panely na vozidlech používali zřídka k napájení různých komponent jako například klimatizace. Nizozemská start-upová společnost Lightyear se zabývá vývojem elektromobilu Lightyear 0, který je schopen za příznivých slunečních podmínek v letním období jezdit víceméně bez dobíjení z veřejné sítě či domácí nabíječky.



Obrázek 13 Solární elektromobil Lightyear 0 (Drive, 2022)

Elektromobil je vybaven celkem 5 m² zakřivených solárních panelů, které jsou schopné dobíjet za jízdy, případně pokud je vozidlo zaparkované. Pohon obstarávají čtyři elektromotory, efektivně uložené v kolech. V kombinaci s velmi nízkým součinitelem odporu vzduchu 0,175 a velmi nízkou váhou 1 575 kg dosahuje spotřeba 10,5 kWh / 100 km (při rychlosti 110 km), uvádí Melich (2022). Nízký součinitel vzduchu je přitom u elektromobilu velice důležitý aspekt, jelikož zásadně ovlivňuje spotřebu a dojezd. Pro porovnání má Škoda Enyaq iV součinitel 0,257. Kapacita baterie je 60 kWh a výrobce udává, že na jedno nabití je možné dojet až 1 000 km. Nutné podotknout, že to znamená za ideálních podmínek. Pořizovací cena startuje na 250 000 EUR s DPH (v přepočtu 6 mil. Kč), což je pro větší procento populace nepřijatelné. Automobilka se však nyní soustředí na vývoj cenově přijatelné druhé generace Lightyear 2, která dle webových stránek výrobce Lightyear (2023) začíná na 40 000 EUR s DPH (v přepočtu 1 mil. Kč). Výroba by měla začít na konci roku 2025.

Efektivitu solárního vozidla otestovala německá společnost Sono Motors, která je mimo jiné také výrobce vozidla na solární energii. Jejich prototyp Sion má solární panely po celém vozidle, včetně dveří. Především byla testována efektivita solárních panelů na vozidle v zimní období za zamračeného dne s občasným výskytem slunce. Jednoduše tak, aby se podmínky co nejvíce vzdalovaly ideálu. V den testu byl denní svit od 7:56 do 16:20, reálně však vozidlo čerpalo energii ze slunce po dobu 5,5 hodin, uvádí Sono Motors (2022). Vozidlo bylo za tuto dobu schopno si samo vyrobit energii na přibližně 4–5 km jízdy (počítáno se spotřebou 16,4 kWh / 100 km). Dle propočtů bude vozidlo schopné za ideálních podmínek v letním období vyrobit energii na 250 km za týden. Z výsledků bylo také zřejmé, že solární panely na boku

vozidla mají své opodstatnění. Panely na střeše a kapotě přijaly celkem 30 % energie, zatímco zbytek vozidla 70 % (Sono Motors, 2022).

Jako problémová se může jevit u tohoto typu vozidla čistota, jelikož prach a špína mohou zásadně ovlivnit funkci solárních panelů. Dále je tu otázka ekologie výroby solárních panelů, která je také diskutabilní.

1.6 Technické aspekty

Jedná se o aspekty zaměřující se technická data o vozidle, vztahující se k výkonu, hmotnosti, rychlosti, emisím apod. Při výběru vozidla hrají zásadní roli, jelikož ovlivňují dynamiku a také bezpečnost jízdy. Tato práce se v následujících kapitolách bude zabývat výběrem konkrétních automobilů a jejich porovnáním technicko-ekonomických aspektů, které jsou definovány jsou následovně:

- **Maximální výkon** – fyzikální jednotka, která udává práci za jednotku času. Ovlivňuje další technické aspekty jako spotřebu, maximální rychlost, zrychlení a točivý moment.
- **Kombinovaná spotřeba** – průměr spotřeby PHM ve městě a mimo město, měřeno dle standardu WLTP.
- **Objem zavazadlového prostoru** – udává množství prostoru, který je k dispozici pro přepravu zavazadel nebo jiných předmětů v automobilu. Liší se v závislosti na modelu a značce a může být ovlivněn uspořádáním interiéru vozu.
- **Rozměry vozidla** – důležité pro určení manévrovatelnosti vozidla, zejména pro parkování a jízdu v hustém provozu.
- **Pohotovostní hmotnost** – pro spotřebitele má spíše informativní charakter, nicméně ovlivňuje dynamiku vozidla.
- **Čas naplnění nádrže/baterie** – aspekt, který se vztahuje na celkovou flexibilitu daného pohonu.
- **Kapacita nádrže/baterie** – spolu se spotřebou se úzce váže na maximální dojezd vozidla.
- **Maximální dojezd** – vzdálenost, kterou je automobil schopen ujet na plnou nádrž či plnou kapacitu baterie.
- **Maximální rychlost** – udává jakou maximální rychlostí je automobil schopen se pohybovat.
- **Zrychlení z 0–100 km/h** – jak rychle je automobil schopen dosáhnout z klidového stavu rychlosti 100 km/h.

- **Pohon** – ovlivňuje několik aspektů, především ovladatelnost vozidla na mokrému povrchu nebo v terénu, vliv má také na spotřebu. Pro relevantnost porovnávání budou mít v této práci všechna vozidla pohon na přední nápravu.
- **Točivý moment** – souvisí s výkonem motoru a udává sílu, která působí v bodě vzdáleném od osy otáčení. Vysoký točivý moment je například vhodný pro tahání těžkého nákladu.

2 EKOLOGICKÉ ASPEKTY ALTERNATIVNÍCH POHONŮ

Tato kapitola se zabývá ekologickými aspekty jednotlivých alternativních pohonů a budou zde zdůrazněny a vysvětleny poznatky ze 4 oblastí, které určitým způsobem do životního prostředí zasahují:

- výroba vozidel s daným pohonem,
- provoz vozidel s daným pohonem,
- výroba daných pohonných hmot,
- distribuce daných pohonných hmot.

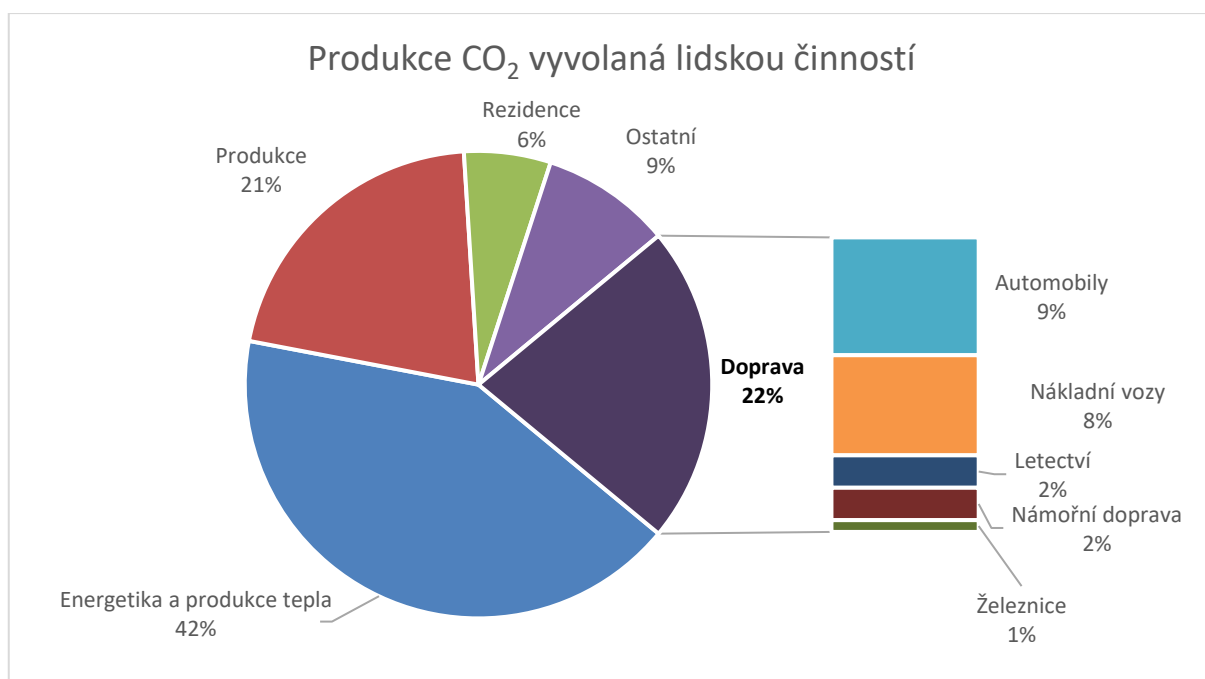
2.1 Základní problematika ekologie

Ekologie je jedním z hlavních důvodů proč výrobci přecházejí k alternativním variantám automobilových pohonů. Evropská unie v rámci cílů klimatické neutrality stále projednává zákaz prodeje veškerých nových vozidel s naftovým či benzínovým motorem od roku 2035. Nová vozidla by tak nesměly při provozu produkovat žádné emise CO₂. Další variantou může být povolení výroby spalovacích motorů, které však budou využívat pouze syntetická paliva. Taková opatření jsou součástí balíčku „Fit for 55“, který si klade za cíl snížit produkci emisí o 55 % do roku 2050 v celém hospodářství, průmyslu a společnosti, uvádí Evropská rada (2022a). Balíček se mimo jiné zabývá obnovitelnou energií, reformou systému obchodování s emisemi v EU, rozšířením infrastruktury alternativních pohonů, zajištění fondu pro nejvíce postižené obyvatele a podniky těmito regulacemi nebo také dosažení klimatických cílů v oblasti využívání půdy a lesů.

Pokud bychom vzali v potaz celkovou produkci uhlíku, tak 96 % vzniká přírodní činností (např. sopečná aktivita, dýchání zvířat, rozklad rostlin, odplyňování z oceánů nebo přirozeně se vyskytující požáry) a 4 % lidskou činností (spalování fosilních paliv za účelem výroby energie, produkce, doprava atd.), popisuje Macek (2021). Vědci však uvádějí, že i toto na první pohled malé procentuální množství má za následek velké dopady na životní prostředí, jelikož se kumuluje a každým rokem narůstá. Pro pochopení celé problematiky je vhodné vysvětlit, co je tzv. cyklus vodíku a jak by fungoval bez zásahu lidské činnosti.

Cyklus uhlíku popisuje cestu tohoto prvku na Zemi, charakterizuje organizace NOAA (2023). Tři největší přírodní producenti CO₂ jsou zároveň také i největšími pohlcovači – oceán, půda a rostliny (zahrnuje i lesy). Například uhlík z atmosféry je absorbován rostlinami prostřednictvím fotosyntézy, popisují stránky DOE (2023). Jak rostliny a zvířata umírají, uhlík, který ukládali, se uvolňuje zpět do atmosféry a cyklus pokračuje. Nenarušený uhlíkový cyklus

by udržoval koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře vyrovnanou a globální teploty stabilní. Tato vyvážená koncentrace je však narušena zmiňovanými 4 % z lidské činnosti, které jsou vypuštěny do ovzduší a nejsou ničím zpracovány/pohlčeny. S postupným oteplováním oceánů a úbytkem lesů a rostlin klesá množství uhlíkových pohlcovačů, čímž se efektivita uhlíkového cyklu mnohonásobně snižuje. Pakliže nahlédneme blíže na zmiňovaná 4 % emisí z lidské aktivity, asociace IEA (2020) popisuje, že největší část CO₂ produkuje lidstvo z energetiky a výroby tepla, dále je to produkce surovin a doprava, které mají shodně po 20 %. V dopravě mají největší podíl automobily a nákladní vozy.



Obrázek 14 Produkce CO₂ vyvolaná lidskou činností (IEA, 2021)

S grafu výše je tedy zřejmé, že doprava je jedním z odvětví, které má vliv na životní prostředí a není tedy divu, že Evropská unie klade důraz na nalezení řešení v oblasti alternativních pohonů.

Ačkoliv cílem této kapitoly je seznámení čtenáře s problematikou ekologie alternativních pohonů, je nutné nejprve zmínit úskalí ropných produktů a jak významný vliv na životní prostředí a klima má distribuce ropy. Samotná těžba ropy vede k velkým emisím skleníkových plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování a změnám klimatu. Tento proces zahrnuje také ničení přírodních ekosystémů jako jsou deštné pralesy a mořské oblasti, což může mít negativní dopad na biodiverzitu. Distribuce ropy také zahrnuje dopravu ropy po celém světě, a to především pomocí tankerů, ropovodů a následně cisteren až k čerpacím stanicím.

Web EduRev (2022) uvádí, že největší naleziště ropy se nacházejí v oblasti Blízkého východu, konkrétně Saudská Arábie, Katar, Irák, Kuvajt. Následuje Severní a Jižní Amerika, Afrika a Rusko. Tyto způsoby přepravy z těchto oblastí jsou často spojeny s rizikem úniků ropy do životního prostředí, což může mít katastrofální následky pro přírodu a pro lidi. Další problém spojený s distribucí ropy je vysoká energetická náročnost a emisní zátěž spojená s její rafinací na různé produkty jako jsou paliva a plastické hmoty. Z těchto důvodů se mnoho zemí snaží snižovat svou závislost na ropě a přecházet na čistší alternativy, jako jsou obnovitelné zdroje energie a elektromobilita. Tyto alternativy mohou pomoci snížit emise skleníkových plynů a zlepšit kvalitu ovzduší. Důležité však je také optimalizovat samotnou distribuci ropy tak, aby byla co nejmenším zatížením pro životní prostředí a byla co nejefektivnější.

2.2 Ekologické aspekty elektromobilu

Elektromobily jsou dle mnohých považovány za nejlepší možnou náhradu za klasické spalovací motory. Není tedy divu, že většina automobilových výrobců v EU pomalu transformuje svá portfolia nabízených vozidel směrem k elektromobilitě. Ačkoliv některé výhody jako nulové emise v okolí provozu jsou nesporné, je třeba se se na problematiku elektromobilů v oblasti ekologie dívat ze širší perspektivy.

2.2.1 Výroba elektromobilu

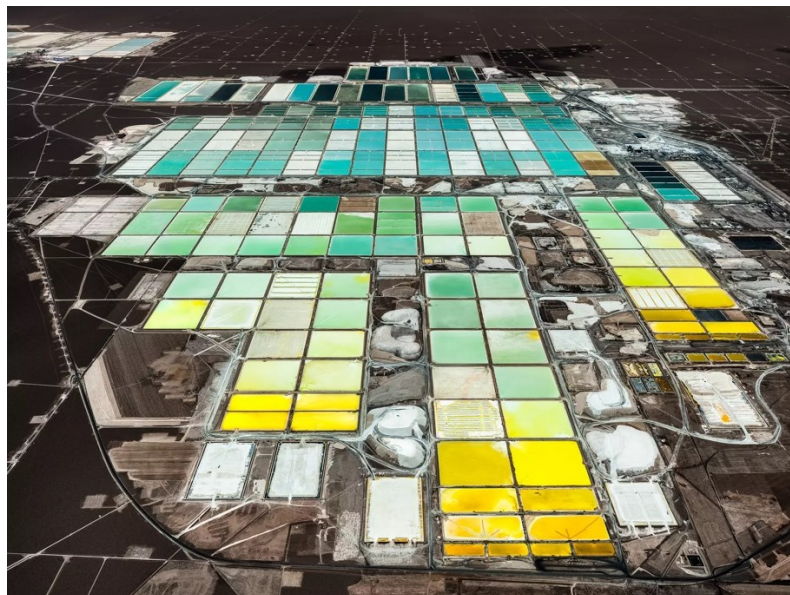
Vyprodukovat jeden středně velký automobil s klasickým spalovacím motorem představuje vypuštění přibližně 5,6 tun CO₂ do ovzduší a 33 % z toho tvoří výroba oceli. Tento fakt poukazuje na důležitost nasazení nízkouhlíkových variant oceli (Zemo Partnership, 2023). Ostatně tak již činí různé automobilky jako například Volvo, které jako první výrobce vozidel podepsal iniciativu SteelZero. Do 2050 tak chce automobilka využívat ocel bez jakékoliv stopy fosilního paliva, uvádí Alexander Petrofski (2022) ze společnosti Volvo.

Vyprodukovat elektrické vozidlo menší velikosti znamená dle společnosti Zemo Partnership (2023) vypustit do ovzduší 8,8 tun CO₂, z nichž 43 % tvoří výroba baterie. To představuje nárůst přibližně o 57 % oproti výrobě automobilu se spalovacím motorem. Přechod na čisté obnovitelné zdroje a vývoj šetrných variant baterií bude tak zásadní pro další rozvoj elektromobility. Cílem je, aby elektromobily mohly poskytovat nízké emise po celou dobu životnosti.

Pakliže se zaměříme pouze na baterie, tak Švédský institut pro výzkum životního prostředí (Romare, 2017) ve snaze vypočítat uhlíkovou stopu lithium-iontové baterie přišel s následujícími závěry: v přepočtu každá vyrobená kWh baterie vygeneruje 150 až 200 kg CO₂. Výpočty zohledňovaly energetický mix, kde fosilní paliva představují 50 % až 70 %. Baterie

elektromobilu Toyota bZ4X je dle Sugy (2022) vyrobena v Japonsku a má kapacitu 71,4 kWh. Agentura ISEP (2022) uvádí, že energetický mix Japonska se v roce 2021 skládal přibližně ze 70 % z fosilních paliv, takže lze využít výše zmíněný výpočet. Jedna baterie tohoto vozu tedy při výrobě vyprodukuje přibližně dokonce 12,5 tuny CO₂. Toto číslo se však velmi liší dle původu baterie. Pro příklad lze uvést továrnu na baterie Tesla Gigafactory v Nevadě, která je z velké části pokrytá solárními panely. Nevada je třetím státem v USA s nejvíce slunečnými dny za celý rok, což představuje ideální polohu pro vysokou efektivitu solární energetiky. V budoucnosti Tesla plánuje pro tuto továrnu využívat 100 % elektřiny z obnovitelných zdrojů. Plán počítá až s přibližně 200 000 solárními panely pohánějícími celou výrobu, uvádí Peters (2019).

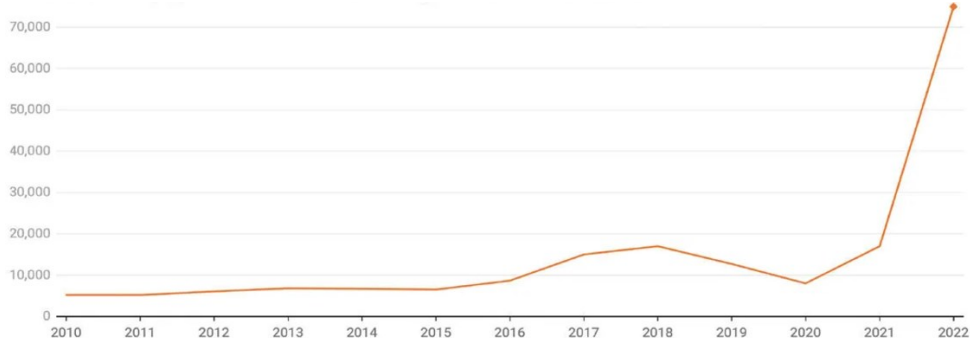
Výroba baterií pro elektromobily patří v dnešní době mezi nejrychleji se rozvíjející technologické odvětví. Důležitým aspektem je použitý materiál, jak se tyto nerostné suroviny získávají a jaký má těžba dopad na životní prostředí. Bezesporu nejpoužívanějším typem baterie pro elektrická vozidla je lithium-iontová baterie, jejíž hlavními komponenty jsou lithium, magnezium, kobalt, grafit, železo a nikl (Eruh, 2023). Největší naleziště lithia se nachází v Jižní Americe, konkrétně v oblastech Argentiny, Bolívie a Chile, kde se tato nerostná surovina těží na rozlehlých pouštních pláních/polích získáváním soli, která v sobě obsahuje lithium. Druhým způsobem je těžba hornin, které lithium obsahují. První zmíněná těžba probíhá v solných pláních v poušti Atacama.



Obrázek 15 Lithiová pole Salar de Atacama v severním Chile (Euronews, 2022)

Odstíny lithiových polí jsou způsobeny různými koncentracemi uhličitanu lithého. Barvy se mohou pohybovat od růžově bílé, přes tyrkysovou až po kanárkově žlutou. Těžba této

suroviny má za následek degradaci půdy, nedostatek vody, poškození funkcí ekosystému, ztrátu biologické rozmanitosti a zvýšení globálního oteplování. Solné pláně se nacházejí v suchých oblastech, kde je přístup k vodě klíčový jak pro místní komunity, tak stejně pro místní flóru a faunu, popisuje Campbell (2022). Pro vyprodukování jedné tuny lithia je zapotřebí přibližně 2 miliony litrů vody, denně tyto pláně spotřebují okolo 21 milionů litrů vody. Po Jižní Americe jsou další největší země produkující lithium Spojené státy, Austrálie a Čína. V roce 2019 se uvádí, že vývoz lithia z Austrálie činil téměř 1,3 miliardy eur. Podobně jako válečné konflikty o zlato a ropu, bojují nyní vlády o nerostné suroviny jako je lithium, protože by jim to mohlo pomoci dosáhnout technologické a ekonomické dominance v příštích desetiletích. Další země s menšími zásobami jsou Zimbabwe, Brazílie a Portugalsko. Naleziště se nachází i v České republice v oblasti Krušných hor, kde se odhadují zásoby za 100 miliard korun, uvádí Strouhal (2021). Opět se jedná o velmi kontroverzní téma, a to hned z několika důvodů. Tím prvním je bez pochyby ekologie a s ní spojená devastace přilehlé krajiny. Dalším úskalím je podle Strouhala (2021) fakt, že neexistují zatím žádné studie či plány, jak takovou infrastrukturu na těžbu této suroviny v České republice vybudovat, jaké by byly náklady a vzhledem k raketově rostoucím cenám lithia je také těžké vypočítat celkovou rentabilitu projektu. Dle odborníků na tuto tematiku je složité odhadnout vývoj ceny lithia na následující 3 roky, avšak pokud se zprůměrují odhady a předpovědi, jedná se přibližně o roční nárůst 20 %, což je 5x rychlejší růst, než u podobných komodit jako je například měď.



Obrázek 16 Vývoj ceny lithia v US dolarech za metrickou tunu (Canary Media, 2022)

Specifikem a zároveň výraznou překážkou těžby lithia v České republice je také forma, ve které se zde nachází – minerál cinvaldit. Nikde jinde na světě se z tohoto materiálu lithium netěží, jedná se tak o průkopnický projekt, který se může pro investory jevit jako velmi rizikový, popisuje situaci Janout (2017). ČEZ a australská společnost Geomet nyní projednávají možnosti a čeká se rozhodnutí o zahájení těžby či případně zastavení celého projektu, doplňuje Kubátová (2022).

Dalším diskutovaným materiálem pro výrobu lithiových baterií je kobalt, který se v baterii nachází především pro maximalizování nabití, stabilitu a omezení přehřátí katod, uvádí Kara (2023). Tento prvek obsahuje každý mobil table, počítač i elektromobil. Demokratická republika Kongo, konkrétně provincie Katanga v jižní části země, je největším nalezištěm tohoto vzácného kovu. Odhaduje se, že v této oblasti se nachází více kobaltu než kdekoliv jinde na světě dohromady. Navrátil (2022) konstatuje, že přibližně 24 % veškeré těžby kobaltu ovládá Čína, EU nemá téměř žádné zastoupení. Klasický elektromobil potřebuje pro 300 kg baterii přibližně 10 kg kobaltu. Problematikou těchto míst je lidská práce a s ní spojená bezpečnost, převážně kvůli vysoké toxicitě kobaltu. Karra (2023) popisuje situaci na těžebním místě jako velmi nestabilní, jelikož tisíce pracovníků zde pracuje na malém prostoru bez ochranných pomůcek a za pomoci lopat a krumpáčů. Z prodeje mají zisky místní gerily, které tímto financují ozbrojené konflikty a války, dodává Novák (2017). Kobalt se také těží v Austrálii, Rusku, Maroku, avšak se jedná o malá procenta celkové světové těžby, která ale z daleka nepokrývají poptávku po tomto nerostu. Dá se také očekávat, že poptávka po kobaltu se v následující dekádě zvýší o 500-600 %, hlavně díky přechodu ze spalovacích motorů na elektrická vozidla.



Obrázek 17 Těžební důl kobaltu v Demokratické republice Kongo (Siddharth Kara, 2023)

Dalším prvkem pro Li-Ion baterie je nikl, který se těží převážně v Austrálii, Filipínách, Indonésii, Kanadě a Rusku. Nikl má dle Nováka (2017) v průmyslu hojně využití, používá se například k legování železa pro výrobu nerezové oceli, poté k výrobě několika jiných typů oceli nebo pro protikorozní pokovování. Zbýlých 6% celkové produkce nachází uplatnění v elektronice a bateriích. Těžba niklu s sebou nese negativní dopady na životní prostředí a také

na zdraví horníků, jelikož při zpracování rudy s obsahem niklu se do ovzduší uvolňuje oxid siřičitý, který může mít za následek vznik rakoviny. Tlak na firmy zabývající se těžbou vzácných kovů a nerostných surovin se s vyšším počtem elektromobilů neustále zvyšuje, nejčastěji v souvislosti se životním prostředím či standardy bezpečnosti.

Výroba baterií je tak velmi dynamické odvětví a již v dnešní době existuje několik prototypů baterií, které by mohly nahradit stávající lithium-iontové baterie. IHS Markit (2020) stanovil 5 klíčových charakteristik pro vývoj nových baterií:

- **Energetická hustota**

Množství energie, které lze uložit do baterie na jednotku objemu nebo hmotnosti.

- **Hustota výkonu**

Pokud má baterie vysokou hustotu výkonu, pak může vydávat velké množství energie na základě své hmotnosti. Například malý kondenzátor může mít stejný výstupní výkon jako velká baterie. Protože je však kondenzátor mnohem menší zařízení, má vyšší hustotu výkonu.

- **Životnost**

Jakmile baterie degraduje do bodu, když již není vhodná pro zamýšlené použití, měla by být recyklována, případně by měly být materiály z takové baterie využity pro jiné účely, což představuje princip cirkulární ekonomiky (IHS Markit, 2020)

- **Náklady**

Platí, že baterie je nejdražší komponentou celého elektromobilu. Pakliže má být cena celého vozidla přijatelná i pro méně movité zákazníky, je nutné nalézt vhodná řešení, které budou cenu baterie snižovat.

- **Bezpečnost**

Kvůli hořlavému kapalnému elektrolytu a uvolňování tepelné energie, když se materiál katody po určitém počtu cyklů unavuje, představuje pro baterie bezpečností problémem. Obavy o bezpečnost baterií by mohly bránit širšímu přijetí elektromobilů.

Mezi nejnovější technologie v oblasti vývoje nových druhů baterií patří, dle webových stránek Gray (2023), například NanoBolt lithium-wolframové baterie, zinko-manganové oxidové baterie, organosilikonové elektrolytické baterie.

2.2.2 Ekologie provozu elektromobilu

Pakliže bychom se zaměřily pouze na ekologii při samotném provozu elektromobilu, tak jsou emise nulové. Jedná se tak o obrovský přínos pro kvalitu ovzduší, zejména ve velkých městech a metropolích. Dle Světové zdravotnické organizace má špatné městské ovzduší za

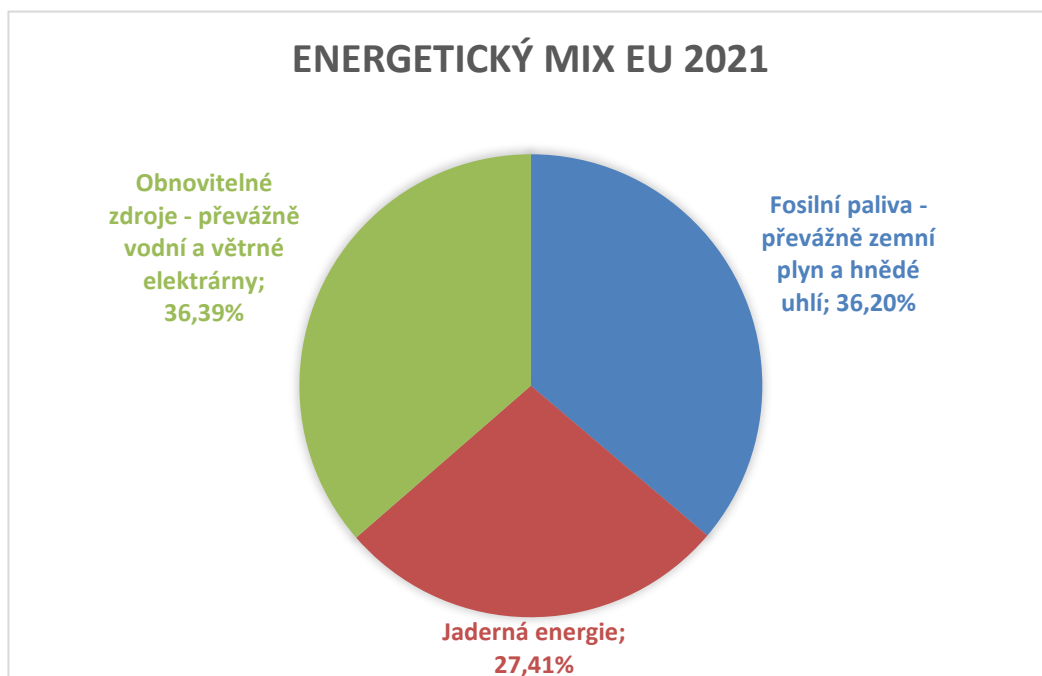
následek předčasné úmrtí u 4,2 mil. lidí každý rok. Pro vytvoření objektivního názoru je ale nutné se zaměřit na to, odkud elektřina pochází a jakým způsobem se vyrábí.

2.2.3 Výroba elektřiny

Dle webu EIA (2022) může výroba elektrické energie probíhat několika způsoby na základě použitých technologií a vstupních zdrojů – rozeznáváme obnovitelné a neobnovitelné zdroje.

- **Neobnovitelné zdroje** – jádro, fosilní paliva – zemní plyn, ropa a uhlí.
- **Obnovitelné zdroje** – voda, sluneční energie, biomasa, vítr.

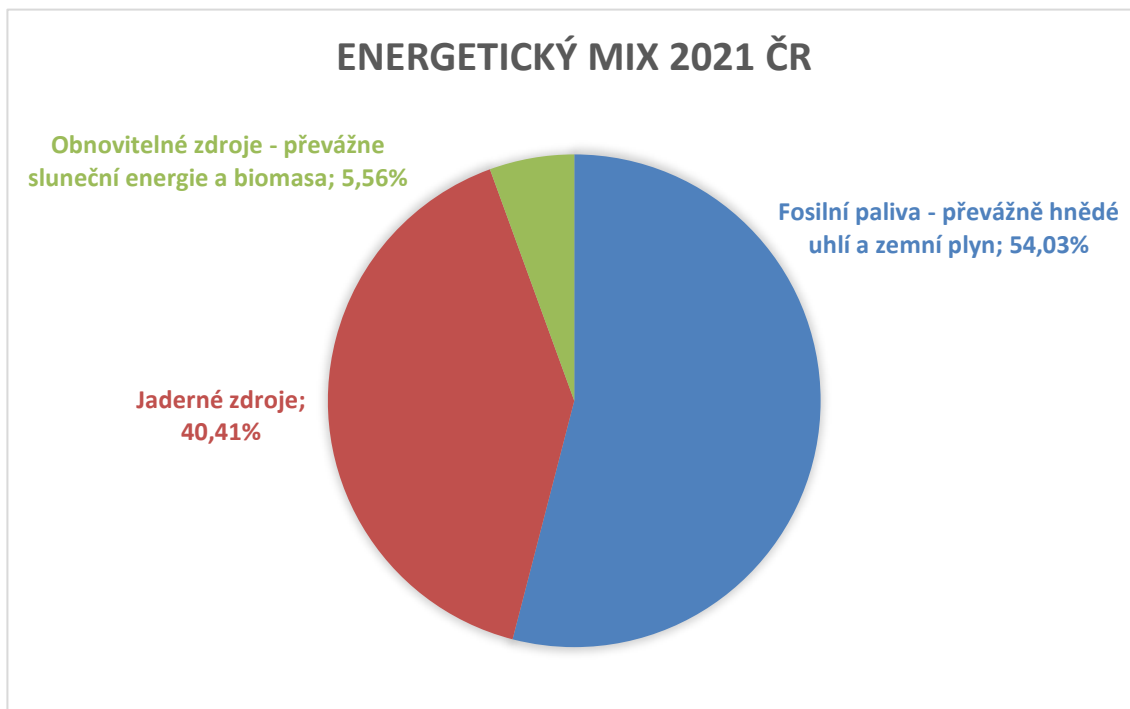
Energetika představuje zásadní problematiku pro státy Evropské unie, které si za mnoho let vypěstovaly závislost na ruském plynu, od kterého se kvůli konfliktu na Ukrajině snaží státy distancovat. Pochopení odkud elektřina pochází je velmi důležité pro posouzení ekologičnosti elektromobilů. Zde je velmi důležitý energetický mix jednotlivých států, který má každý stát odlišný v závislosti na svých možnostech, poloze či infrastruktuře. Elektromobil provozovaný v Norsku má zcela jiné celkové hodnoty emisí než elektromobil provozovaný v České republice. Norský energetický mix využívá z 98 % energii z obnovitelných zdrojů – převážně hydroelektrárny a větrné elektrárny, charakterizuje mix platforma ENTSO-E (2020).



Obrázek 18 Energetický mix EU 2020 (Energy-charts, 2020)

Zcela opačná situace je v České republice, kde převažuje výroba z fosilních paliv a jaderných zdrojů. Obnovitelné zdroje představují jen velmi malé procento celkové výroby elektrické energie, uvádí platforma ENTSO-E (2020). V průběhu posledních 10 let kolísá toto

číslo od svého maxima 11,77 % v roce 2015 po 3,9 % v roce 2019. Celkový průměr Evropské unie je okolo 17 %.



Obrázek 19 Energetický mix ČR 2021 (OTE, 2021)

Při bližším pohledu na jednotlivé zdroje energie a jejich produkci CO₂ na 1 kWh v tabulce č. 5 je možné si všimnout, že spalováním uhlí vyprodukuje lidstvo přibližně 1 kg CO₂ na 1 kWh. Jedná se tak o zdroj energie s největším znečištěním. Za zmínku naopak stojí jaderná energetika, která produkuje méně emisí než solární energie či biomasa. A ačkoliv se nejedná o obnovitelný zdroj, mnoho zemí Evropské Unie se vydalo právě touto cestou. Příkladem může být dle Voříška (2022) Francie, která zvažuje v následujících letech výstavbu 14 nových jaderných reaktorů a v jejíž energetickém mixu měla v roce 2021 jaderná energie zastoupení 42 %, dále potom oleje z 28 % a zemní plyn z 16 %, uvádí web Statista (2022). Nicméně i jaderná energetika má svá úskalí – vysoké implementační náklady, nakládání s radioaktivním odpadem, bezpečnostní či zdravotní rizika apod.

Tabulka 5 Produkce v gramech CO₂/kWh pro určité zdroje energie

Zdroj energie		Produkce CO ₂ [g/kWh]
Neobnovitelné zdroje	Uhlí	1 001
	Oleje	840
	Zemní plyn	469
	Jádro	16
Obnovitelné zdroje	Slunce	48
	Geotermální	45
	Biomasa	18
	Vítr	12
	Voda	4

Zdroj: Agentura IPCC (2022)

2.2.4 Distribuce elektrické energie

Zatímco nejvýznamnější dopady elektřiny na životní prostředí souvisí výrobou, dodávka elektřiny může také ovlivnit životní prostředí. Přenos a distribuce vedou k určitým ztrátám elektřiny, když se přesouvá z místa výroby ke konečnému uživateli. Obecně platí, že čím delší vzdálenost musí elektřina urazit od výrobce ke spotřebiteli, tím větší může být ztráta. Cesta elektřiny začíná v elektrárně, kde dochází k přeměně zdroje na elektrickou energii. Elektřina se přivádí z elektrárny pomocí vysokonapěťových vedení, které ji přenáší na velké vzdálenosti. Poté dochází v transformační stanici k přeměně z vysokého napětí na nízké a dále se přenáší pomocí nízkonapěťových vedení (EPA, 2022). Elektřina nakonec dorazí k budovám a domům prostřednictvím přípojek, které ji připojují k elektrickým spotřebičům.

Elektrické vedení vyžaduje běžnou údržbu a provoz. Stromy a jiné rostliny v blízkosti drátů je třeba udržovat, aby se drátů nedotýkaly. Na některých koridorech elektrického vedení se k regulaci vegetace používají herbicidy. Když jsou elektrické vedení a jejich přístupové cesty umístěny v nezastavěných oblastech, mohou narušit lesy, mokřady a další přírodní oblasti. Mnoho vysokonapěťových jističů, spínačů a dalších součástí zařízení používaných v přenosové a distribuční soustavě je izolováno fluoridem sírovým, což je silný skleníkový plyn. Tento plyn může unikat do atmosféry ze stárnoucího zařízení nebo během údržby a servisu, popisuje situaci agentura EPA (2022). V podstatě se ale v porovnání s distribucí ropy jedná o drobnější záležitosti.

2.3 Ekologické aspekty vodíkového vozidla

Ačkoliv mnozí považují právě vodík za palivo budoucnosti, které předčí elektromobily s lithiovými bateriemi, je potřeba zmínit, že i vodík není z ekologického hlediska ideální. Problematický je zejména při distribuci a skladování, jelikož má velmi nízký pod varu a také musí být skladován pod vysokým tlakem. To vše s sebou nese určitou energetickou náročnost.

Otázkou je i bezpečnost, neboť samotný vodík je velmi reaktivní prvek. A ačkoliv je vodík jedním z nejčtenějších prvků na planetě, je vždy vázán na nějaký prvek. Příkladem může být voda H_2O , kde vodík je vázán s kyslíkem. Pro oddělení molekul vodíku a kyslíku se využívá proces elektrolýzy. Web Devinn (2023) popisuje, že z 9 l vody tak lze vyrobit 1 kg vodíku, zapotřebí je k tomu přibližně 60 kWh. Takové množství elektrické energie například spotřebuje elektromobil Toyota bZ4X na zhruba 350 km. Naopak vodíková Toyota Mirai na 1 kg vodíku ujede přibližně 120 km. Z toho je patrné, že zefektivňování výroby vodíku a hledání nových technologií v této oblasti je nutnost.

2.3.1 Výroba vozidla na vodík

Pakliže má u výroby elektromobilů největší ekologický dopad produkce akumulátorů, u automobilů na vodík je nutné se zaměřit na produkci palivových článků, které ve vozidle slouží k výrobě elektrické energie pro pohon elektromobilu. K výrobě energie dochází při chemické reakci mezi kyslíkem a vodíkem. Samotná výroba automobilů na vodík se do širšího povědomí dostala až v několika posledních letech zásluhou automobilek Toyota, Honda a Hyundai. Výrobní technologie a celková infrastruktura se tak prozatím nachází v pozici, kde se před několika lety nacházely elektromobily s akumulátory, které vyžadovaly vysoké investice do technologií, vývoje a rozvoje infrastruktury. Ačkoliv ohledně ekologie u výroby vodíkových aut zatím neexistují komplexní studie, které by byly například publikované Evropskou komisí. Henderson (2022) považuje výrobu palivových článků za ekologičtější než výrobu baterií. Nicméně je nutné zohlednit, že i palivové články obsahují jisté množství vzácných kovů. Článek je tvořen elektrodami, jež jsou v podstatě tenké vrstvy uhlíku s drobným množstvím platiny. Tento prvek patří mezi nejvzácnější a nejdražší kovy na světě. Podle webu Kurzy.cz (2023b) stála v březnu roku 2023 trojská unce platiny 1 001 dolarů. Obsah tohoto kovu v palivovém článku tak je jedním z aspektů, proč je pořizovací cena vodíkového vozidla tak vysoká. Platina se také nachází na Zemi ve velmi omezeném množství, momentálně jsou největšími producenty Jihoafrická republika (130 000 kg/rok), následuje Rusko (22 000 kg/rok), uvádí dokument od U.S. Geological survey (2020). A jak to již se vzácnými kovy bývá, jejich těžba mívá velké environmentální dopady. Platina není v tomto výjimkou. Pakliže se vodíkový pohon rozšíří na podobnou úroveň jako je dnes elektromobil s lithiovými bateriemi, vzácné kovy mohou být v otázkách ekologie zásadním problémem. Náhradou za klasické palivové články mohou být alkalické palivové články s polymerní membránou, které k fungování nepotřebují žádné vzácné kovy. Tato technologie je však teprve v počátcích a tyto články nemají dostatečnou energii na vytvoření potřebného výkonu pro přeměnu vodíku

s kyslíkem na elektrickou energii a také je problémem jejich krátká životnost, popisuje Houser (2022).

2.3.2 Provoz vozidla na vodík

Jelikož vozidlo na vodík pracuje na podobném principu jako elektromobil, tak v místě provozu nevytváří žádné emise CO₂. Vozidlo do ovzduší emituje pouze vodní páru, uvádí Sedláček (2021).

2.3.3 Výroba vodíku

Vodík je velmi jednoduchý prvek, který je tvořen pouze jedním protonem a jedním elektronem. Na zemském povrchu je třetím nejčastějším prvkem a tvoří přibližně 90 % celého vesmíru. Hlavním problémem vodíku je, dle Kovaříkové (2021), jeho reaktivita. V přírodě se tak většinou vyskytuje pouze ve sloučeninách. Abychom ale mohli vodík využívat pro pohon vozidla či v energetice, musí být všechny ostatní látky od vodíku odděleny.

Výroba vodíku může probíhat několika různými způsoby, které jsou důležité pro posouzení, zdali je vodík skutečně čistým zdrojem energie nebo ne. Především rozeznáváme výrobu parní reformací zemního plynu a elektrolýzou vody pomocí elektřiny. Pakliže by tato elektřina byla dodána z obnovitelných zdrojů, nevznikají během výroby skleníkové plyny a můžeme považovat takový vodík za víceméně čistý. Stává se tak například u větrných elektráren, které při silném větru vyrábí příliš velké množství energie, které není možné nikde uskladnit. Taková energie je následně využita právě pro elektrolýzu mořské vody, ze které se získává vodík, popisuje Biogradlija (2022).

V dokumentu Vodíková strategie (2020) vydané Evropskou komisí je rozeznáváno hned několik typů vodíku dle jejich výroby a zpracování:

- **Vodík z elektřiny**

Výroba probíhá elektrolýzou vody v zařízení zvaném elektrolyzér, který je poháněn elektřinou bez ohledu na její původ (Vodíková strategie, 2020).

- **Vodík z obnovitelných zdrojů (zelený vodík)**

Opět se vodík vyrábí pomocí elektrolyzéro, avšak s využitím elektřiny z obnovitelných zdrojů. V dokumentu je do této kategorie také zařazena výroba reformováním bioplynu nebo biochemickou přeměnou biomasy. Tyto technologie jsou však zatím příliš nákladné (Vodíková strategie, 2020).

- **Vodík z fosilních paliv (šedý vodík)**

Tento způsob je zatím nepoužívanějším pro výrobu vodíku. Některé zdroje uvádějí, že to je až 96 % celkové produkce. Výroba probíhá zplyňováním černého uhlí nebo reformací

zemního plynu, obě varianty vypouštějí do ovzduší velké množství emisí (Sajdl, 2021). Obecně to platí pro veškeré způsoby výroby vodíku z fosilních paliv. Na výrobu 1 kg takového vodíku připadne 9-10 kg CO₂ vypuštěného do ovzduší, celkové emise pak činí až 11-14 kg. Pro představu, průměrná spotřeba Toyoty Mirai je 0,7 - 0,9 kg/100 km, což odpovídá přibližně 90 g CO₂ na 1 km. Benzínové vozidlo při průměrné spotřebě 5 litrů na 100 km spotřebuje přibližně 120 g CO₂ na 1 km, uvádí Sajdl (2021).

- **Vodík z fosilních paliv se zachycením emisí (modrý vodík)**

Jedná se o podskupinu výše zmíněného typu s tím rozdílem, že emise jsou částečně zachycovány. Systém se jmenuje Carbon Capture and Storage. Účinnost je však velmi proměnlivá, maximálně 90 %. Šurkala (2022) uvádí, že dle výsledků nové továrny Quest společnosti Shell v Albertě v Kanadě je reálně toto číslo mnohem menší. Továrna vyprodukovala za 5 let fungování celkem 10 mil. tun oxidu emisí, převážně CO₂, z toho se podařilo zachytit 4,8 mil. tun. To odpovídá 48 % úspěšnosti. Pokud započítáme i dodavatelský řetězec a elektřinu pro výrobu, emise celkově činí 12,5 mil. tun, a to představuje celkově 39 % úspěšnost zachycení skleníkových plynů (Šurkala, 2022)

- **Syntetická paliva odvozená od vodíku**

Tato kategorie zahrnuje velké množství syntetických paliv na plynné nebo kapalně bázi, které obsahují aspoň část vodíku. Ten by měl pocházet z obnovitelných zdrojů, abychom mohli hovořit aspoň o částečně nižší environmentální stopě. Do této skupiny patří například syntetická motorová nafta nebo syntetický letecký petrolej (Vodíková strategie, 2020). V závislosti na vstupních surovinách a použitém procesu výroby se velmi liší celkové emise skleníkových plynů.

V dokumentu Vodíková strategie (2020) je také uvedeno, že cena za výrobu 1 kg vodíku se velmi různí v závislosti na použití vstupních surovin a v dnešní době se všechny environmentálně vhodnější varianty výroby vodíku nemohou nákladově rovnat výrobě z fosilních paliv, která se z části odvíjí od ceny zemního plynu, v průměru to však je 1,5 EUR/kg. Odhadované náklady na výrobu z fosilních paliv se zachycováním uhlíku činí 2 EUR/kg, z obnovitelných zdrojů je pak částka 2,5 – 5,5 EUR/kg. Avšak s technologickým vývojem a snižováním cen elektrolyzérů se dá očekávat, že v budoucnosti bude tato částka mnohem nižší.

2.3.4 Distribuce vodíku

Distribuce vodíku může v praxi probíhat za využití vysokotlakých zásobníků nebo potrubím. Vysokotlaké zásobníky jsou velmi výhodné svojí flexibilitou, jelikož přeprava je

možná po silnici, železnici nebo na moři bez nutnosti větších investic do vybudování zcela nové infrastruktury. Problémem je opět bezpečnost, vodík totiž musí být skladován při velmi vysokém tlaku a za velmi nízkých teplot. Pro přepravu velkého množství vodíku je tak optimálnější řešením přeprava potrubím, kde je možné s drobnými úpravami využít již stávající potrubní infrastrukturu na zemní plyn. Vodík má však odlišné vlastnosti než zemní plyn a jeho křehkost by mohla zkracovat životnost potrubí a zrychlit tvorbu trhlin, popisuje TÜV SÜD (2022). Dá se tedy předpokládat, že distribuce bude v budoucnosti probíhat ve vzájemné symbióze obou systémů.

K dosažení cílů poptávky a nabídky vodíku do roku 2030 stanovených plánem REPowerEU (2019) se v rámci iniciativy European Hydrogen Backbone (2021) počítá Evropská rada s pěti hlavními potrubními trasami.



Obrázek 20 Potencionální koridory pro dodávky vodíku do Evropy (EHB, 2022)

Koridory nejprve uspokojí domácí nabídku a poptávku v Evropě, než se rozšíří a propojí evropské regiony a sousední země s potenciálem levného vývozu vodíku. Těchto pět koridorů protíná všechny země střední a východní Evropy a hraje důležitou roli pro regionální provozovatele plynárenských přepravních soustav jako je slovenský Eustream, český Net4Gas, maďarský FGSZ, litevský Amber Grid, polský Gaz-System atd. Zejména koridor A ze severní Afriky a jižní Evropy by přepravil velké množství zeleného vodíku z Tuniska a Alžírsko přes Itálii do střední Evropy s využitím stávající plynové infrastruktury, popisuje web EHB (2023).

Hlavní hnací silou tohoto vývoje je potřeba uspokojit poptávku po vodíku ze strany průmyslu, dopravy a energetiky ve střední Evropě. Potenciál dodávek vodíku v tomto koridoru dosáhne 97 TWh v roce 2030 a 340 TWh v roce 2040 s 6 % snížením emisí v roce 2030 a 18 % v roce 2040, uvádí Patricolo (2022). Dále dodává, že potenciál dodávek vodíku v tomto koridoru dosáhne 97 TWh v roce 2030 a 340 TWh v roce 2040 s 6 % snížením emisí v roce 2030 a 18 % v roce 2040.

Následně se vodík uchovává v kapalné nebo plynné formě při velmi nízkých teplotách, jelikož bod varu samostatného vodíku je $-252,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Energy.gov, 2023). Obě formy vodíku vyžadují specifická řešení: kapalný vodík je nutné chladit na $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo musí být nějak organicky vázán, v plynném stavu naopak vyžaduje skladování za velmi vysokých tlaků 35–70 MPa. Žádná z těchto variant není z energetického hlediska příliš ideální. Třetí variantou může být uchování v pevném skupenství v podobě kovového hybridu. Tato varianta částečně odstraňuje nevýhody dvou výše zmíněných typů, popisuje Vaňek (2022). Ani tato forma však není bezproblémová a přináší čtyři problémové oblasti – ne každý kov je na tuto aplikaci vhodný, vodík je nutné do kovu nabít relativně rychle, vybíjení musí probíhat rychlostí vhodnou praktickému využití vozidla a vodíkový nosič musí vydržet větší počet nabíjecích cyklů.

Pakliže se vodík dostane do místa čerpací stanice, i zde se nachází úskalí, jelikož musí být skladován ve vysokotlakých nádržích. Tlak je tu velmi důležitým aspektem, protože zásadně ovlivňuje jednu z hlavních výhod vodíkového pohon, a to je mít plnou nádrž do několika minut. V ideálních podmínkách to tak opravdu může být, v praxi je situace komplikovanější. Pokud by v krátkém časovém sledu bylo potřeba natankovat vodík z jedné nádrže do několika aut, pravděpodobně dojde k tomu, že do několika minut se natankují první 2-3 vozidla. Ty další kvůli poklesu tlaku v nádržích bude možné natankovat až po vyrovnání tlaku, což může trvat v řádu několika desítek minut nebo i hodin, vysvětluje Michalec (2021). Dále doplňuje, že rozdílné pracovní tlaky mezi nádrží na čerpací stanici a vozidlem mohou mít za příčinu natankování na 80 % kapacitu a v důsledku toho zhoršený maximální dojezd. Nádrže ve vozidlech pracují s tlakem 70 MPa, zatímco čerpací stanice mohou pracovat s tlaky až o polovinu menšími.

Na vodíkové nádrže je kladen vysoký bezpečnostní důraz, jelikož vodík v kombinaci s kyslíkem je extrémně hořlavý, uvádí dokument Vodíková strategie České republiky (2021). Vyrábí se proto z uhlíkových vláken a jsou testovány v přísných podmínkách na pevnost, těsnost a odolnost. Výhodou oproti elektrické energii uchované v bateriích je, že vodík se z nádrží samovolně nevytratí. Vozidla jsou vybavena několika senzory, které by v případě

úniku uzavřeli přívod vodíku. Pakliže by došlo k nehodě, ventily se automaticky povolí a namísto výbuchu dojde ke kontrolovanému hoření.

Infrastruktura na natankování vodíku je prozatím v ČR poněkud skromná, ačkoliv Ministerstvo dopravy České republiky se snaží podporovat výstavby vodíkových čerpacích stanic v rámci rozšíření infrastruktury pro alternativní paliva. V České republice se nyní nachází 2 plnicí stanice, v Praze a Litvínově, popisuje situaci Lažanský (2023). Například v Německu to je přibližně 100 stanic.

Obecně by se tedy dalo shrnout, že distribuce vodíku by mohla být v určitých případech ekologickou záležitostí, především za využití plynovodů/potrubí. V případě přepravy ve vysokotlakých nádrží je situace komplikovanější, jelikož by se vodík přepravoval různými druhy přepravy, z nichž některé jsou ekologicky přijatelné (železnice), jiné méně (silnice).

2.4 Vliv životního cyklu automobilu na ekologii

Ve studii pro Univerzitu Palermo prof. Pipitone (2021) analyzuje vliv změny délky životnosti ujeté třemi vozidly s různým pohonem – spalovací motor, hybrid a elektromobil a zkoumá jejich dopad na ekologii. Výsledky ukazují, že elektromobil je vždy nejvíce zatěžujícím vozidlem pro životní prostředí při nízkém počtu najetých kilometrů. Převážně je to kvůli vysokým emisím, které se vygenerují během výroby lithium-iontové baterie. Ve stejném rozsahu vzdálenosti vykazoval hybridní vůz vybavený menší baterií mírně vyšší dopad než elektromobil. Bylo však zjištěno, že po ujetí 32 500 km, což podle průměrné evropské roční vzdálenosti ujeté osobním automobilem znamená po cca 2-3 letech užívání, začíná mít hybridní vůz menší ekologickou stopu než vůz se spalovacím motorem. V případě elektromobilu závisí uhlíková stopa také na konkrétním mixu elektřiny v zemi, kde je vozidlo provozováno. V důsledku toho bylo zjištěno, že podle průměrného evropského mixu elektrické energie vykazuje elektromobil menší dopad než spalovací motor po ujetí 41 250 km a menší dopad než hybridní vůz po 46 250 km (zhruba po 3,5–4 letech používání vozidla), uvádí Pipitone (2021). Nízká uhlíková stopa norského energetického mixu snižuje tyto vzdálenosti, které se stávají obě rovné při 29 000 km. Naopak v zemi s vysokou uhlíkovou stopou jako je Polsko, zůstává dopad spalovacího motoru a hybridního pohonu vždy nižší než elektromobil, bez ohledu na to, jaká je ujetá vzdálenost za celou dobu životnosti. Je nutné také zohlednit fakt, že baterie musí být po určité době vyměněna kvůli degradaci. Pomyslná doba se liší na řadě faktorů jako je četnost dobíjení, způsob dobíjení, četnost úplného vybití, zdali bylo napětí baterie udržováno v rozmezí 20-80 % apod. Obecně však Mokříš (2021a) popisuje, že se jedná o zhruba 8-10 let provozu, po kterém je potřeba vyměnit baterii.

3 EKONOMIKA PROVOZU VOZIDEL S RŮZNÝMI POHONY

V této kapitole budou vybrány konkrétní zástupci pro jednotlivé pohony. Pro porovnávání jednotlivých druhů byla z důvodu objektivit vybrána pouze jedna automobilová značka – Toyota. Tato značka je autorovi jednak velmi blízká a zároveň má v nabídce všechny porovnávané druhy pohonu. K jednotlivým vozům budou také doplněny technické aspekty, které byly definovány v první kapitole.

Nyní je vhodné určit ekonomické aspekty, které úzce souvisejí s náklady na provoz u vybraných vozidel. Pakliže nebereme v potaz pořizovací cenu, největší náklady vznikají na pohonné hmoty (PHM) a při servisu vozidla.

- **Náklady na PHM** – výpočet dle ceny PHM jednotlivých druhů platných k 1.2.2023, rozpočítáno na náklady na 1 km a za období 6 let při ročním nájezdu 15 000 km (Kurzy.cz, 2023a)
- **Náklady na servis** – výpočet nákladů dle ceníků předepsané údržby Toyota (2023a), Toyota (2023b), Toyota (2023c), Toyota (2023d).
- **Náklady na STK a měření emisí** – výpočet nákladů dle ceníku DEKRA (2023).
- **Kola a pneumatiky** – Ke každému vozidlu bude od začátku dokoupena sada zimních kol se zimními pneumatikami dle ceníku Toyota (2023i). Dá se očekávat, že pneumatiky vydrží 5 sezón, proto je následně pátý rok dokoupena sada nových letních i zimních pneumatik (typy předepsané výrobcem) dle aktuálních cen z webové stránky Pneumatiky.cz (2023).
- **Povinné ručení** – Výpočet povinného ručení probíhal na webových stránkách Direct pojišťovna (2023). Vždy bylo vybíráno nejlevnější povinné ručení s limitem pojistné ochrany 50 mil. Kč bez žádných dodatečných služeb či havarijního pojištění. Profil řidiče pro výpočet povinného ručení je znázorněn v tabulce č. 6.
- **Dálniční známka** – automobily s produkcí emisí CO₂ do 50 g/km jsou osvobozeny od placení dálniční známky (eDalnice, 2023b). Aktuální ceny byly čerpány z ceníku eDalnice (2023a).
- **Pořizovací cena** – pro řadu obyvatel se jedná o zásadní aspekt, který hraje při výběru vozidla velmi důležitou roli. Ceny převzaty z konfigurátoru Toyota (2023e), Toyota (2023f), Toyota (2023g), Toyota (2023h).

Tabulka 6 Profil řidiče pro výpočet povinného ručení

Parametr	Hodnota
Věk	25 let
Druh vozidla	Osobní automobil
Způsob užití vozidla	Běžný provoz
Roční nájezd	15 000 km
Status	Fyzická osoba
Bonusy	Řidič 7 let, bez nehody

Zdroj: Direct pojišťovna (2023)

3.1 Vozidlo se spalovacím motorem

Za benzínové vozidlo byla vybrána Toyota RAV4, jedná se o jeden z mála modelů od této značky, který si stále ponechává klasický spalovací motor ve své nabídce. Jedním z důvodů může být historie, která se váže do roku 1994, kdy vešla do prodeje první generace. Zajímavostí bylo, že svými proporcemi zapadala do portfolia terénních vozů, avšak měla samonosnou karoserii a příčně umístěný motor, což bylo pro tuto kategorii netypické, popisuje Daňa (2019). RAV4 se tak řadí mezi průkopníky nového, a dnes velmi populárního segmentu městských kompaktních SUV. Toyota se s tímto model již dvakrát snažila prosadit na poli elektromobilů, avšak prozatím bez většího úspěchu. Poprvé v roce 1997 byla exkluzivně pro australský a americký trh představena verze Toyota RAV4 EV a poté ještě v roce 2012 při spolupráci s automobilkou Tesla, uvádí Ward (2022). V roce 2023 lze u Toyoty zakoupit RAV4 ve verzi s benzínovým motorem 2.0 l Valvematic, 2.5 l Hybrid nebo také varianta Plug-In hybrid s baterií o kapacitě 18.1 kWh. Elektrickou variantu Toyota částečně prozatím nahradila modelem bZ4X, která je svými proporcemi a rozměry RAV4 blížká.



Obrázek 21 Toyota RAV4 (Toyota konfigurátor, 2023)

Tabulka 7 Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota RAV4 2.0 Benzín

	Parametr	Hodnota
Technické aspekty	Výbava	Comfort
	Maximální výkon	128 kW (174 koní)
	Emise CO ₂ WLTP	157 g/km
	Kombinovaná spotřeba WLTP	6,9 l / 100 km
	Objem zavazadlového prostoru	580 l
	Rozměry vozidla	4 600 x 1 855 x 1 685 mm
	Pohotovostní hmotnost	1 530 kg
	Čas naplnění nádrže/baterie	5 minut
	Kapacita nádrže	55 l
	Maximální dojezd	800 km
	Maximální rychlost	190 km/h
	Zrychlení z 0–100 km/h	9,8 s
	Pohon	4x2
	Točivý moment	208 Nm
Ekologie	Emise CO ₂ WLTP	157 g/km
Ekonomické aspekty (data za 6 let provozu/90tis. km)	Cena PHM k 1.2.2023	37,50 Kč / l
	Náklady na PHM za 1 km	2,6 Kč
	Náklady na PHM za sledované období	234 000 Kč
	Náklady na servis	42 013 Kč s DPH
	STK + měření emisí	4 500 Kč (2x TP 1 250 Kč + 2x Emise 1 000 Kč)
	Zimní sada kol a pneumatik	44 900 Kč
	✱ 4x Bridgestone Alenza 225/65/R17	11 080 Kč
	✱ 4x Bridgestone Blizzak 215/55/R17	14 200 Kč
	Povinné ručení	25 638 Kč (4 273 Kč/rok)
	Dálniční známka	9 000 Kč
Pořizovací cena	952 000 Kč s DPH	

Zdroj: Toyota (2023d), Toyota (2023h), Toyota (2023i), Direct pojišťovna (2023), DEKRA (2023), Pneumatiky (2023), eDalnice (2023a), eDalnice (2023b)

3.2 Hybridní vozidlo

Jako zástupce hybridního pohonu byla vybrána Toyota Camry. Tento model spatřil světlo světa v roce 1982, kdy se začala vyrábět první generace s benzínovým motorem o objemu 1.8 l (Daňa, 2018). Přestože patří mezi nejpobulárnější sedany na světě, největší odbyt měla Toyota s tímto modelem na severo-americkém kontinentu. V roce 2017 představila automobilka hybridní verzi, která se vyrábí doteď. Lze ji koupit v pouze v jedné motorizaci a tou je hybridní kombinace 2.5 l benzínového motoru a elektromotoru.



Obrázek 22 Toyota Camry (Toyota konfigurátor, 2023)

Tabulka 8 Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota Camry 2.5 Hybrid

Parametr		Hodnota
Technické aspekty	Výbava	Comfort
	Maximální výkon	163 kW (218 koní)
	Kombinovaná spotřeba WLTP	5,5 l / 100 km
	Objem zavazadlového prostoru	524 l
	Rozměry vozidla	4 885 x 1 840 x 1 445 mm
	Pohotovostní hmotnost	1 595 kg
	Čas naplnění nádrže/baterie	5 minut
	Kapacita nádrže	50 l
	Maximální dojezd	900 km
	Maximální rychlost	180 km/h
	Zrychlení z 0–100 km/h	8,3 s
	Pohon	4x2
	Točivý moment	221 Nm
	Ekologie	Emise CO ₂ WLTP
Ekonomické aspekty (data za 6 let provozu/90tis. km)	Cena PHM k 1.2.2023	37,50 Kč / l
	Náklady na PHM za 1 km	2,06 Kč
	Náklady na PHM za sledované období	185 400 Kč
	Náklady na servis	33 805 Kč s DPH
	STK + měření emisí	4 500 Kč (2x TP 1 250 Kč + 2x Emise 1 000 Kč)
	Zimní sada kol a pneumatik	69 900 Kč
	* 4x Continental CPC 215/55/R17	13 464 Kč
	* 4x Continental WinterC 215/55/R17	15 680 Kč
	Povinné ručení	28 182 Kč (4 697 Kč/rok)
	Dálniční známka	9 000 Kč
Požizovací cena	1 065 000 Kč s DPH	

Zdroj: Toyota (2023a), Toyota (2023e), Toyota (2023i), Direct pojišťovna (2023), DEKRA (2023), Pneumatiky (2023), eDalnice (2023a), eDalnice (2023b)

3.3 Elektromobil

Toyota má ve své nabídce celkem 2 modely čistě na elektrický pohon s využitím baterií – Proace a bZ4X. Dle Srba (2022) je druhý zmíněný model úplně první vůz japonské značky

čistě na elektrický pohon, který byl od počátků na tento způsob konstruován. Toyota je známá spíše podporou hybridních pohonů či nově vodíkové technologie, a tak není divu, že zastánci elektromobility si museli u Toyoty počkat až do roku 2022.



Obrázek 23 Toyota bZ4X (Toyota konfigurátor, 2023)

Tabulka 9 Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota bZ4X

	Parametr	Hodnota
Technické aspekty	Výbava	Comfort
	Maximální výkon	150 kW
	Kombinovaná spotřeba WLTP	18 kWh / 100 km
	Objem zavazadlového prostoru	452 l
	Rozměry vozidla	4 690 x 1 860 x 1 650 mm
	Pohotovostní hmotnost	1 920 kg
	Čas naplnění nádrže/baterie	*4 hodiny
	Kapacita baterie	71,4 kWh
	Maximální dojezd	500 km
	Maximální rychlost	160 km/h
	Zrychlení z 0–100 km/h	7,5 s
	Pohon	4x2
	Točivý moment	266 Nm
Ekologie	Emise CO ₂ WLTP	0 g/km
Ekonomické aspekty (data za 6 let provozu/90tis. km)	Cena PHM k 1.2.2023	8,19 Kč / 1 kWh
	Náklady na PHM za 1 km	1,47 Kč
	Náklady na PHM za sledované období	132 300 Kč
	Náklady na servis	29 672 Kč
	STK	2 500 Kč (2x TP 1 250 Kč)
	Zimní sada kol a pneumatik	54 900 Kč
	* 4x Bridgestone Alenza 235/60/R18	15 000 Kč
	* 4x Continental WinterC 235/60/R18	15 912 Kč
	Povinné ručení	21 846 Kč (3 641 Kč/rok)
	Dálniční známka	0 Kč
	Ostatní – E.ON wallbox včetně instalace	45 000 Kč pod odečtení dotace 30 000 Kč
Požizovací cena	1 312 000 Kč s DPH	

*závislost na zvoleném typu dobíjení, pro tyto účely byl zvolen průměr

Zdroj: Zdroj: Toyota (2023b), Toyota (2023f), Toyota (2023i), Direct pojišťovna (2023), DEKRA (2023), Pneumatiky (2023), eDalnice (2023a), eDalnice (2023b),

3.3.1 Výpočet ceny PHM u elektromobilu

Nabíjení elektromobilu může probíhat několika různými způsoby, převážně se rozlišuje veřejné a domácí nabíjení. Veřejné dobíjení elektromobilu v České republice z velké části zprostředkovávají 3 hlavní dodavatelé elektrické energie – E.ON, ČEZ a společnost PRE. Ti nabízejí nabíjení za následující ceny. Z tabulky je také patrné, že časté dobíjení na veřejných stanicích může velmi ovlivnit jednu z největších výhod elektromobilu – nízké náklady na provoz.

Tabulka 10 Ceny veřejného dobíjení u dodavatelů E.ON, ČEZ, PRE v roce 2023

	Cena v Kč za 1 kWh s DPH					
	E.ON		ČEZ		PRE	
	Registr.	Neregistr.	Registr.	Neregistr.	Registr.	Neregistr.
AC	10 Kč	12 Kč	8 Kč	10 Kč	8 Kč	9 Kč
DC	12,50 Kč	15 Kč	13 Kč	15 Kč	11 Kč	12 Kč
UFC	17 Kč	19 Kč	18 Kč	20 Kč	13 Kč	14 Kč

Zdroj: ČEZ (2023a), E.ON (2023a), PRE (2023), upraveno autorem

Výpočet ceny PHM u elektromobilu bZ4X probíhal podle následujícího vzorce – uživatel nabíjí převážně z domácí nabíječky v nízkém a vysokém tarifu, následně dle situace využije možnost dobíjení z veřejných stanic. Všechny uvedené ceny jsou dle ceníku ČEZ (2023b) platného od 1.1.2023, distribuční sazba D27d Elektromobilita. Vláda ČR schválila na konci roku 2022 zastropování cen elektřiny na 6,05 Kč / 1 kWh včetně DPH bez ostatních poplatků s platností do 31.12.2023.

- **Dobíjení z domácí sítě v nízkém tarifu během období regulace**
6,44 Kč / 1 kWh včetně DPH, distribuce a ceny za systémové služby – procentuální zastoupení ve vzorečku: 45 %
- **Dobíjení z domácí sítě ve vysokém tarifu během období regulace**
8,39 Kč / 1 kWh včetně DPH, distribuce a ceny za systémové služby – procentuální zastoupení ve vzorečku: 35 %
- **Dobíjení z veřejné sítě AC proudem**
8 Kč / 1 kWh včetně DPH – procentuální zastoupení ve vzorečku: 10 %
- **Dobíjení z veřejné sítě DC proudem o maximálním výkonu do 150 kW**
13 Kč / 1 kWh včetně DPH – procentuální zastoupení ve vzorečku: 5 %
- **Dobíjení z veřejné sítě DC proudem o maximálním výkonu nad 150 kW**
18 Kč / 1 kWh včetně DPH – procentuální zastoupení ve vzorečku: 5 %

Výpočet průměrné ceny za 1 kWh během období regulace = $(6,44 * 0,45) + (8,39 * 0,35) + (8 * 0,10) + (13 * 0,05) + (18 * 0,05) = 8,19$ Kč / 1 kWh

Pokud bychom počítali s cenami mimo regulované období (tzn. od 1.1.2024), vypadaly by ceny dle ceníku ČEZ (2023b) následovně.

- **Dobíjení z domácí sítě v nízkém tarifu mimo období regulace**
10,8 Kč / 1 kWh včetně DPH, distribuce a ceny za systémové služby – procentuální zastoupení ve vzorečku: 45 %
- **Dobíjení z domácí sítě ve vysokém tarifu během období regulace**

12,7 Kč / 1 kWh včetně DPH, distribuce a ceny za systémové služby – procentuální zastoupení ve vzorečku: 35 %

Výpočet průměrné ceny za 1 kWh mimo období regulace = $(10,8 * 0,45) + (12,7 * 0,35) + (8 * 0,10) + (13 * 0,05) + (18 * 0,05) = 11,65 \text{ Kč} / 1 \text{ kWh}$

Pakliže ve výpočtu nebude zohledněno zastropování ceny elektřiny, podle výše uvedeného vzorečku vychází průměrná cena 11,65 Kč za 1 kWh. V takovém případě by 1 km jízdy elektromobilem Toyota bZ4X stál v přepočtu 2,097 Kč, což mírně převyšuje náklady na 1 km u hybridního vozidla Toyota Camry.

3.3.2 Dotace na pořízení elektromobilu v zemích EU

V posledních letech se v zemích Evropské unie zvyšuje zájem o elektromobily jako ekologickou alternativu k vozidlům se spalovacími motory. V rámci tohoto trendu mnoho zemí EU nabízí různé dotace na pořízení elektromobilů, které mají za cíl podpořit ekologickou dopravu a snížit emise skleníkových plynů. Nyní jsou k dispozici různé typy dotací na pořízení elektromobilu, jako jsou například finanční příspěvky, snížené daně nebo osvobození od mýtného. Tyto dotace se liší podle země a mají různé podmínky pro jejich získání, jako například počet elektromobilů vlastněných domácností, typ vozidla nebo výše příjmu. V některých zemích EU, jako například Německu, Francii, Nizozemsku nebo Norsku, jsou dotace na pořízení elektromobilů poměrně vysoké a mohou dosahovat až několika tisíc eur. Tyto dotace mohou být klíčovým faktorem pro rozhodnutí o koupi elektromobilu a mohou výrazně snížit celkové náklady na pořízení vozidla za sledované období. Tyto dotace mají za cíl podpořit přechod na ekologickou dopravu a snížit emise skleníkových plynů.

Jistá výše finanční podpory v České republice by mohla zásadním způsobem ovlivnit chování spotřebitelů a přimět je ke koupi alternativního pohonu, jakým je právě elektromobil či vodíkový pohon. V práci je tedy počítáno se základní pořizovací cenou bez žádných slev.

Tabulka 11 Dotace na pořízení elektromobilu v zemích EU

Země	Výše dotace pro fyzickou osobu
Česká republika	0 Kč
Slovensko	0 Kč
Nizozemsko	70 000 Kč (PC vozidla do 1 060 000 Kč)
Německo	109 000 Kč (PC vozidla do 970 000 Kč) 73 000 Kč (PC vozidla do 1 500 000 Kč)
Rakousko	117 000 Kč
Francie	178 000 Kč (PC vozidla do 1 150 000 Kč) 178 000 Kč (PC vozidla do 1 410 000 Kč) 0 Kč (PC vozidla nad 1 410 000 Kč)

Zdroj: Vomáčka (2023a)

3.4 Vozidlo na vodík

Jako zástupce vodíkového pohonu byl zvolen vůz Toyota Mirai. Jedná se o model druhé generace a dalo by se konstatovat, že se jedná o průkopníka mezi vozidly na tento pohon. Jediným konkurentem na českém trhu je crossover Hyundai Nexo, jehož startovací pořizovací cena činí 1 899 000 Kč s DPH, uvádí webové stránky značky Hyundai (2023). První generace byla uvedena na trh v roce 2015 a designově připomínala hybridní Toyotu Prius.



Obrázek 24 Toyota Mirai (Toyota konfigurátor, 2023)

Tabulka 12 Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota Mirai

	Parametr	Hodnota
Technické aspekty	Výbava	Comfort
	Maximální výkon	134 kW (182 koní)
	Kombinovaná spotřeba WLTP	0,79 – 0,85 kg / 100 km
	Objem zavazadlového prostoru	278 l
	Rozměry vozidla	4 975 x 1 885 x 1 470 mm
	Pohotovostní hmotnost	1930 kg
	Čas naplnění nádrže/baterie	5 minut
	Kapacita nádrže	5,6 kg
	Maximální dojezd	650 km
	Maximální rychlost	175 km/h
	Zrychlení z 0–100 km/h	9,2 s
	Pohon	4x2
	Točivý moment	300 Nm
Ekologie	Emise CO₂ WLTP	0 g/km
Ekonomické aspekty (data za 6 let provozu/90tis. km)	Cena PHM k 1.2.2023	250 Kč / kg
	Náklady na PHM za 1 km	2,2 Kč
	Náklady na PHM za sledované období	198 000 Kč
	Náklady na servis	73 976 Kč
	STK	2 500 Kč (2x TP 1 250 Kč)
	Zimní sada kol a pneumatik	79 900 Kč
	✱ 4 x Bridgestone Turanza 235/55/R19	15 424 Kč
	✱ 4x Bridgestone Blizzak 235/55/R19	18 940 Kč
	Povinné ručení	20 232 Kč (3 372 Kč/rok)
	Dálniční známka	0 Kč
Pořizovací cena	1 782 500 Kč s DPH	

Zdroj: Toyota (2023c), Toyota (2023g), Toyota (2023i), Direct pojišťovna (2023), DEKRA (2023), Pneumatiky (2023), eDalnice (2023a), eDalnice (2023b)

4 VZÁJEMNÁ KOMPARACE VYBRANÝCH AUTOMOBILOVÝCH POHONŮ

V této kapitole se autor zaměřuje na porovnání vybraných automobilových pohonů z technického, ekonomického a ekologického hlediska. Využito bude přitom poznatků z předešlých kapitol. Cílem této analýzy je poskytnout ucelený pohled na různé typy pohonů, které jsou v současné době na trhu k dispozici. Porovnávány budou výše zmíněné automobily, a to jak z hlediska výkonu, spotřeby paliva, nákladů na provoz, tak i z hlediska vlivu na životní prostředí. Na základě těchto kritérií bude provedeno srovnání těchto typů pohonů s vyvozením závěru ohledně jejich výhod a nevýhod v současném automobilovém průmyslu a také určit, pro které typy řidičů jsou tyto vozidla vhodná.

4.1 Porovnání technických aspektů

Z pohledu spotřebitele by se dalo konstatovat, že z technických parametrů jsou nejdůležitější – maximální výkon, kombinovaná spotřeba, objem zavazadlového prostoru, pohon a maximální dojezd. Ostatní aspekty mají při rozhodování o koupi vozidla spíše druhořadý vliv, ačkoliv je také nelze úplně opomíjet.

Tabulka 13 Porovnání technických aspektů u zvolených typů pohonu

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík	Povaha
Výbava	Comfort	Comfort	Comfort	Comfort	-
Maximální výkon	128 kW	163 kW	150 kW	134 kW	MAX
Emise CO₂ WLTP	157 g/km	120 g/km	0 g / km	0 g/km	MIN
Kombinovaná spotřeba WLTP	6,9 l / 100 km	5,5 l / 100 km	18 kWh / 100 km	0,79 – 0,85 kg / 100 km	-
Objem zavazadlového prostoru	580 l	524 l	452 l	278 l	MAX
Rozměry vozidla	4 600 x 1 855 x 1 685 mm	4 885 x 1 840 x 1 445 mm	4 690 x 1 860 x 1 650 mm	4 975 x 1 885 x 1 470 mm	-
Pohotovostní hmotnost	1 530 kg	1 595 kg	1 920 kg	1 930 kg	MIN
Čas naplnění nádrže	5 minut	5 minut	4 hodiny	5 minut	MIN
Kapacita nádrže	55 l	50 l	71,4 kWh	5,6 kg	-
Maximální dojezd	800 km	900 km	500 km	650 km	MAX
Maximální rychlost	190 km/h	180 km/h	160 km/h	175 km/h	MAX
Zrychlení z 0–100 km/h	9,8 s	8,3 s	7,5 s	9,2 s	MIN
Pohon	4x2	4x2	4x2	4x2	-
Točivý moment	208 Nm	221 Nm	266 Nm	300 Nm	MAX

Zdroj: Toyota (2023e), Toyota (2023f), Toyota (2023g), Toyota (2023h), upraveno autorem

V následující tabulce jsou jednotlivým parametrům přiřazeny body pomocí bodové metody. Jelikož každý bod je pro spotřebitele jinak důležitý, tak pro dosažení objektivnosti nejsou bodům přiřazeny žádné váhy, respektive každý má váhu stejnou. Podle povahy kritéria (MIN nebo MAX) bylo možné obdržet minimálně 1 bod a maximálně 4 body. Pakliže se někde objevila shoda, kritéria obdržely stejný počet bodů.

Tabulka 14 Porovnání technických aspektů s bodovým ohodnocením

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
Maximální výkon	1	4	3	2
Objem zavazadlového prostoru	4	3	2	1
Pohotovostní hmotnost	4	3	2	1
Čas naplnění nádrže	4	4	1	4
Maximální dojezd	3	4	1	2
Maximální rychlost	4	3	1	2
Zrychlení z 0–100 km/h	1	3	4	2
Točivý moment	1	2	3	4
Počet bodů	22	26	17	18

Zdroj: (Autor)

Technické porovnání čtyř různých modelů vozů od automobilky Toyota ukazuje, že každý model má své jedinečné vlastnosti a vhodnost pro určité účely. Zatímco Toyota RAV4 má největší objem zavazadlového prostoru, nejdelší maximální dojezd a rychlost, její kombinovaná spotřeba je na dnešní poměry vyšší. Na druhé straně, Toyota bZ4X a Toyota Mirai jsou plně elektrická vozidla, která mají dynamické jízdní vlastnosti, avšak mají mnohem nižší maximální dojezd a rychlost než benzínová Toyota RAV4. Právě zmiňovaný dojezd může hrát zásadní roli u spotřebitele, který zvažuje koupi některého ze zmíněných vozů.

Toyota Camry se zdá být nejvyváženějším modelem z technického hlediska, obdržela také nejvíce bodů. Disponuje dobrou kombinovanou spotřebou, zatímco stále nabízí relativně vysoký výkon, a to vše za poměrně přijatelnější pořizovací cenu. Má také slušnou kapacitu zavazadlového prostoru a velmi dobrý maximální dojezd.

4.2 Porovnání ekologických aspektů

Porovnávat ekologické aspekty jednotlivých druhů pohonu je poměrně složité, a to hned z několika důvodů. Tím prvním mohou být nedostatečné informace k objektivnímu posouzení této problematiky. Za druhé, záleží na mnoha faktorech a mnoha proměnných, které nelze

jednoznačně specifikovat pro daný případ. Mezi nejdůležitější faktory patří zejména způsob výroby paliva, způsob výroby energie, energetický mix dané země a použité technologie.

Nicméně, dle poznatků z druhé kapitoly s názvem ekologické aspekty alternativních pohonů byla vytvořena následující tabulka, ve které jsou stejným způsobem obodovány ekologické dopady. Pakliže má daný parametr nejmenší dopad na životní prostředí, je mu udělen maximální počet bodů – 4, pakliže je dopad na životní prostředí největší, parametru je udělen 1 bod.

Tabulka 15 Porovnání ekologických aspektů – bodová metoda

Parametr		Benzínové auto	Mild Hybrid	Elektromobil	Auto na vodík
Vozidlo	Výroba	4	3	1	2
	*Provoz	1 (157 g/km)	2 (120 g/km)	4 (0 g/km)	4 (0 g/km)
Energie	Výroba	1	1	3	2
	Distribuce	1	1	4	1
Body		7	7	12	9

*Emise CO₂ měřeny dle standardu WLTP, uvedeny výrobcem v technické specifikaci

Zdroj: (Autor)

Z tabulky vyplývá, že elektromobil tíhne k větší ekologii než ostatní porovnávaná vozidla. Nicméně je nutné zmínit, že ne vždy tomu tak musí být. Jak již bylo zmíněno dříve, existují ekologické varianty elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů, ale také elektřina vyrobená z fosilních paliv, která je zatím v Evropě zastoupena z větší části.

Celkově platí, že všechny pohony mají svá ekologická úskalí. Pro klasické spalovací motory a případně mild hybridy je to především výroba a distribuce ropy, která je složitá tím, že zahrnuje přepravu tankery, ropovody a cisternami, jejichž provoz sám o sobě není ekologický. Za zmínku stojí i ropné katastrofy, kterých se v historii odehrálo několik a měly katastrofické dopady na místní faunu a flóru. Mezi nejhorší se řadí ropná skvrna v Kuvajtu, která vznikla následkem válečného konfliktu mezi Irákem a USA, popisuje Horáčková (2010). Elektromobilita má naopak velké dopady na ekologii při výrobě lithium-iontových baterií, které obsahuje velké množství vzácných kovů jako například lithium, kobalt a nikl. Tyto kovy se nejčastěji těží v politicky nestabilních zemích na africkém kontinentu s minimálními ohledy na lidská práva. Dále je při posuzování environmentálních dopadů nutné určit, z jakých zdrojů elektrická energie pochází, jelikož každý stát má odlišný energetický mix. V Norsku tvoří 98 % veškeré elektrické energie obnovitelné zdroje, zatímco v Polsku je produkováno 83 % elektřiny z fosilních paliv. Toto jsou dva zcela odlišné pohledy na ekologii provozu elektrických vozidel. U vodíkové technologie je odpověď na ekologické dopady poměrně

složitá, jelikož potenciál čisté energie a celkového využití vodíku je obrovský, nejenom v dopravě. Úskalím jsou však jeho vlastnosti, kvůli velmi nízkému bodu varu musí být skladován za velmi nízkých teplot a při vysokém tlaku. To s sebou nese vysoké energetické a bezpečnostní požadavky. Technologie na výrobu a distribuci vodíku jsou k dispozici, ale zatím nejsou příliš ekologicky efektivní a energeticky nenáročné. Dá se očekávat, že s podporou jednotlivých vlád či Evropské unie se by však tato technologie mohla rozvinout na udržitelnou rovinu.

4.3 Porovnání ekonomických aspektů

Tato podkapitola se zaměřuje na porovnání různých ekonomických aspektů, které jsou důležité při rozhodování o výběru vozidla. Budou zde porovnávány aspekty jako pořizovací cena, náklady na pohonné hmoty, náklady na servis a další. Následně budou tyto náklady sečteny a porovnávány za 6 let provozu vozidla. Budoucí inflace a volatilita ceny paliv v tomto porovnání nebudou zohledněny.

4.3.1 Pořizovací cena

Z níže uvedených informací vyplývá, že nejlevnější je benzínová Toyota RAV4, následuje hybridní Toyota Camry. Nejdražší je v této kategorii vodíková Toyota Mirai, která je o 460 000 Kč dražší než elektromobil Toyota bZ4X. Vodíková auta jsou v současnosti poměrně drahá kvůli několika faktorům:

- **Výroba vodíku** – Vodík není běžně dostupný, takže jeho výroba je zatím nákladná. Většina vodíku se vyrábí ze zemního plynu nebo elektrolýzou vody, což vyžaduje mnoho energie a speciálních zařízení.
- **Malé množství vyráběných vozidel** – V současné době se vodíková auta vyrábějí v malých sériích, což zvyšuje náklady na vývoj, výrobu a distribuci.
- **Složitá technologie** – Vodíková auta jsou složitější než běžná vozidla s pohonnými hmotami, protože potřebují speciální nádrže na vodík, palivové články a další technologie, které zvyšují náklady na výrobu a údržbu vozidla.
- **Omezená infrastruktura** – V současné době je infrastruktura pro vodíková auta omezená a není dostatečně rozvinutá, což zvyšuje náklady na distribuci vodíku.

Tabulka 16 Celkové náklady na pořizovací cenu

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
Požizovací cena	952 000 Kč	1 065 000 Kč	1 312 000 Kč	1 782 500 Kč
Rozdíl	-	+ 113 000 Kč	+ 360 000 Kč	+ 830 500 Kč

Zdroj: Toyota (2023e), Toyota (2023f), Toyota (2023g), Toyota (2023h), upraveno autorem

4.3.2 Náklady na PHM

Nejnižší náklady na PHM má elektromobil bZ4X. Následuje hybridní Camry, vodíková Mirai a jako nejdražší je dle výpočtu benzínová RAV4. Výpočet objektivní ceny je však složitější, zejména díky cenovým výkyvům jednotlivých PHM a také díky různorodým možnostem nabíjení elektromobilu. Situaci také ztěžuje velmi malá infrastruktura pro vodíkový pohon. Dá se však očekávat, že za podpory Evropské unie bude počet čerpacích stanic růst. V této práci je počítáno s průměrnými cenami PHM platnými k 1.2.2023 dle stránek Kurzy.cz (2023).

Tabulka 17 Celkové náklady na PHM za jednotlivá období

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
1 km	2,6 Kč	2,06 Kč	1,47 Kč	2,2 Kč
15 000 km / 1 rok	39 000 Kč	30 833 Kč	22 050 Kč	33 000 Kč
45 000 km / 3 rok	117 000 Kč	92 500 Kč	66 150 Kč	99 000 Kč
90 000 km / 6 rok	234 000 Kč	185 000 Kč	132 300 Kč	198 000 Kč
Rozdíl	-	- 49 000 Kč	- 101 700 Kč	- 36 000 Kč

Zdroj: Kurzy.cz (2023a)

4.3.3 Náklady na servisní úkony

Ačkoliv jednotlivé pohony sdílejí stejné některé servisní úkony, řada z nich je specifická přímo pro dané typy. Níže jsou popsány veškeré servisní úkony dle oficiálního ceníku Toyoty pro předepsané servisní údržby u vybraných typů vozidel. K servisní prohlídce by mělo dle Toyoty dojít buďto každý rok nebo při nájedí 15 000 km. Záleží, co nastane dříve. Pro nejpřesnější data byl vždy využíván autorizovaný servis OLFIN Car s.r.o. na adrese Hradecká 570, Pardubice – Staré Hradiště.

Mezi servisní úkony u benzínového vozidla RAV4 patří především výměna motorového oleje, olejového filtru, filtru klimatizace, vzduchového filtru a brzdové kapaliny. Výměna těchto komponentů probíhá převážně každých 15 tis. km nebo každý rok. Při nájedzu 90tis. km také dochází k výměně zapalovacích svíček. Náklady jsou velmi podobné jako u mild hybridní Toyoty Camry, kde se navíc mění vzduchový filtr HV baterie.

Servisní náklady na provoz modelu bZ4X se skládají ze dvou typů periodicky se opakujících servisních prohlídek. V prvním typu prohlídky se pouze mění filtr klimatizace. V té druhé se mění opět filtr klimatizace a brzdová kapalina.

Celkové náklady na 6letý servis u Toyoty Mirai činí 73 976 Kč. Jedná se tedy o výrazně vyšší náklady než v případě elektromobilu nebo vozidla se spalovacím motorem. K výměně dochází postupně u brzdové a spojkové kapaliny nebo u filtru klimatizace. V souvislosti s vodíkovým pohonem se postupně vyměňuje vzduchový filtr chlazení vysokonapěťového akumulátoru I. a II., vzduchový filtr palivového článku, ochranná vložka vzduchového filtru palivového článku, vzduchový filtr chlazení vysokonapěťového akumulátoru I. a II. a iontový výměník, který v celém výčtu servisních úkonů představuje největší částku 11 639 Kč. Nejdražší servisní úkon přichází až šestý rok provozu nebo při nájedzu 90 000 km, kdy se mění všechny filtry palivových článků a akumulátorů. Servis vozidla na vodíkový pohon tedy není levná záležitost, stejně jako pořizovací cena. Avšak dá se očekávat, že postupným vývojem nových technologií a systémů dojde k poklesu ceny a tyto vozidla budou dostupnější.

V tabulce níže jsou uvedeny veškeré náklady na servisní úkony uvedené výrobcem. Po projití jednotlivých částek však bylo zjištěno, že zde nejsou započítané náklady na opotřebení brzd. Dle uživatelů dochází k výměně brzdových kotoučů a destiček u spalovacího motoru dvakrát rychleji než u hybridů či elektromobilů (Fields, 2019). Je to zejména díky regenerativnímu brždění, které efektivněji zachází s energií vzniklou při brždění a tím prodlužuje životnost těchto komponent. Ceny za výměnu brzdových komponent jsou dle emailové komunikace s autorizovanými servisními středisky Toyota (Fazor, 2023), (Junek, 2023).

Tabulka 18 Ceny servisních úkonů za jednotlivá období (materiál + práce)

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
15 000 km / 1 rok	4 783 Kč	5 916 Kč	3 091 Kč	5 405 Kč
30 000 km / 2 rok	7 310 Kč	7 204 Kč	4 278 Kč	7 310 Kč
45 000 km / 3 rok	4 923 Kč	6 228 Kč	3 091 Kč	16 212 Kč
+ Výměna brzd	26 145 Kč	-	-	-
60 000 km / 4 rok	8 647 Kč	8 541 Kč	4 278 Kč	19 088 Kč
75 000 km / 5 rok	4 783 Kč	5 916 Kč	3 091 Kč	5 405 Kč
90 000 km / 6 rok	11 567 Kč	16 387 Kč	4 278 Kč	20 556 Kč
+ Výměna brzd	26 145 Kč	23 600 Kč	23 500 Kč	23 500 Kč
Celkem	94 303 Kč	73 792 Kč	45 607 Kč	98 476 Kč
Celková úspora oproti benzínu	-	- 20 509 Kč	- 48 696 Kč	+ 4 173 Kč

Zdroj: Toyota (2023a), Toyota (2023b), Toyota (2023c), Toyota (2023d), Fazor (2023), Junek (2023)

4.3.4 Ostatní náklady spojené s provozem

Do ostatních nákladů jsou řazeny výdaje na dálniční známku, STK, měření emisí a povinné ručení. Do prvotní investice je také započítána sada litých kol se zimními pneumatikami. U elektromobilu bZ4X zahrnuje první rok koupi wallboxu u společnosti E.ON, jehož cena včetně nabíječky, jističe, chrániče, kabelového vedení, balančního elektroměru, výchozí revize a celkové instalace činí 75 000 Kč s DPH, lze však čerpat dotaci od státu ve výši 30 000 Kč. Pátý rok zahrnuje obměnu pneumatik u obou sad dle cen ze serveru Pneumatiky.cz (2023).

Tabulka 19 Ostatní náklady spojené s provozem po dobu 6 let

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
15 000 km / 1 rok	50 633 Kč	76 097 Kč	103 541 Kč	83 272 Kč
30 000 km / 2 rok	5 733 Kč	6 197 Kč	3 641 Kč	3 372 Kč
45 000 km / 3 rok	5 733 Kč	6 197 Kč	3 641 Kč	3 372 Kč
60 000 km / 4 rok	7 983 Kč	8 447 Kč	4 891 Kč	4 622 Kč
75 000 km / 5 rok	31 013 Kč	35 341 Kč	34 553 Kč	37 736 Kč
90 000 km / 6 rok	7 983 Kč	8 447 Kč	4 891 Kč	4 622 Kč
Celkem	81 646 Kč	140 726 Kč	138 094 Kč	136 996 Kč
Rozdíl	-	+ 59 080 Kč	+ 56 448 Kč	+ 55 350 Kč

Zdroj: Direct pojišťovna (2023), Toyota (2023i), eDálnice (2023a), eDálnice (2023b), E.ON (2023b) Pneumatiky.cz (2023)

4.3.5 Celkové porovnání nákladů na 6 let provozu

Následující tabulka se zaměřuje na porovnání nákladů na provoz a údržbu vozidel s různými pohony během 6 let provozu včetně pořizovací ceny. Z tabulky vyplývá, že z ekonomického hlediska nejlépe vychází benzínová Toyota RAV4, následuje Camry a poté bZ4X a Mirai. Toyota Mirai vychází na provoz nejdražší zejména díky vysoké pořizovací ceně, která se liší od benzínové RAV4 o téměř 800 000 Kč.

Tabulka 20 Celkové náklady na 6letý provoz včetně pořizovací ceny

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
Pořizovací cena	952 000 Kč	1 065 000 Kč	1 312 000 Kč	1 782 500 Kč
Náklady na PHM	234 000 Kč	185 000 Kč	132 300 Kč	198 000 Kč
Servisní náklady	94 303 Kč	73 792 Kč	45 607 Kč	98 476 Kč
Ostatní náklady	81 646 Kč	140 726 Kč	138 094 Kč	136 996 Kč
Celkem	1 361 949 Kč	1 467 063 Kč	1 628 001 Kč	2 217 617 Kč
Rozdíl	-	+ 105 114 Kč	+ 266 052 Kč	+ 855 668 Kč

Zdroj: (Autor)

Do celkového porovnání ekonomických aspektů si dovolím dodatečně zařadit pátý pohon, který byl zmíněný již v první kapitole a tím je LPG neboli zkapalněný ropný plyn. K přestavbě bude využito nové vozidlo Toyota RAV4. Jedná se o stejný typ se stejnou motorizací, jako je zástupce pro benzínový pohon ve srovnání výše. Z ekonomického hlediska vychází provoz LPG nejlevnější, konkrétní úspora za 6 let provozu je oproti klasické benzínové verzi RAV4 je 73 800 Kč.

Tabulka 21 Celkové náklady na 6letý provoz vozidla Toyota RAV4 LPG

	Toyota RAV4 LPG
Pořizovací cena	952 000 Kč
+ přestavba LPG	32 400 Kč
Náklady na PHM (Cena 17,50 Kč/l)	121 500 Kč
Servisní náklady	94 303 Kč
+ revize zařízení LPG (1x ročně)	550 Kč x 6
Ostatní náklady	81 646 Kč
+ dodatečné náklady na STK	3 000 Kč
Celkem	1 288 149 Kč

Zdroj: (Autor)

Pakliže v celkových nákladech nebude zohledněna pořizovací cena vozidla, nejlevnější na provoz se stává Toyota RAV4 ve verzi LPG a elektromobil Toyota bZ4X. Tato kalkulace tak potvrzuje tvrzení mnoha článků a studií o nižších nákladech na provoz elektromobilu oproti spalovacímu motoru. Nevztahuje se to však Toyotu Mirai, která se svým způsobem také řadí do kategorie elektromobilu. Náklady na provoz jsou nejen nejvyšší celkově, ale také i bez zohlednění pořizovací ceny.

Tabulka 22 Celkové náklady na 6letý provoz bez pořizovací ceny

	Toyota RAV4 Benzín	Toyota RAV4 LPG	Toyota Camry Hybrid	Toyota bZ4X Elektro	Toyota Mirai Vodík
Náklady na 6 let provozu bez pořizovací ceny	409 949 Kč	303 749 Kč	399 518 Kč	316 001 Kč	433 472 Kč
Rozdíl	-	- 106 200 Kč	- 10 431 Kč	- 93 948 Kč	+ 23 523 Kč

Zdroj: (Autor)

Na základě poznatků a analýz technicko-ekonomických aspektů v této práci lze přibližně definovat profily řidičů, pro které jsou jednotlivé typy pohonů vhodné.

Profil řidiče vhodného pro benzínovou Toyotu RAV4:

- Absolvuje časté trasy na delší vzdálenosti, případně i po dálnicích.
- Potřebuje větší zavazadlový prostor pro přepravu většího množství nákladu.

- Nechce být omezen dojezdem a potřebuje rychle a snadno doplňovat palivo.
- Není ochoten čekat na nabíjení a preferuje pohodlný a bezproblémový provoz vozidla bez dalšího plánování.
- Má omezené finanční možnosti na pořízení a provoz vozu. Zejména pokud se jedná o přestavbu na LPG.
- Nevadí mu mít vyšší náklady na PHM oproti elektromobilu či hybridu.
- Preferuje nižší provozní hmotnost kvůli dynamice a ovladatelnosti vozidla.

Profil řidiče vhodného pro hybridní Toyotu Camry:

- Je ochoten investovat do vozidla s vysokou účinností a nižší spotřebou paliva.
- Často jezdí v městských zónách, kde naplno využije funkci regenerativního brždění
- Potřebuje vozidlo, které mu umožní snadné a pohodlné řízení ve městě i na dálnici.
- Je citlivý na životní prostředí a chtěl by snížit emise svého vozidla.
- Potřebuje vozidlo, které mu umožní snadné a rychlé doplňování paliva.
- Hledá vozidlo se slušným výkonem a moderními technologiemi.

Profil řidiče vhodného pro elektromobil Toyota bZ4X:

- Má krátké denní trasy, přičemž celková vzdálenost nepřesahuje dojezd elektromobilu (v konkrétním případě 500 km).
- Často se pohybuje v městském provozu, kde se plně projevují největší výhody elektrického pohonu.
- Pořizuje automobil s vidinou návratnosti investice v řádu několika let kvůli nízkým nákladům na provoz.
- Nevadí mu vyšší pořizovací cena, která je u určitých typů vozidel i v řádu 100tis. Kč.
- Preferuje ekologičtější a levnější provozování vozidla.
- Je ochoten si přizpůsobit svůj styl jízdy tak, aby využil rekuperaci brzdové energie a prodloužil tak dojezd.
- Má přístup k nabíjecí stanici buď doma nebo v blízkosti svého běžného parkování. Pro efektivní a cenově přijatelné nabíjení je v dnešní době nutné z větší části dobíjení z domácí sítě a v nejlepším případě za pomoci wallboxu.
- Nepotřebuje až tak objemný zavazadlový prostor.

Profil řidiče vhodného pro vodíkový pohon Toyoty Mirai:

- Chce být průkopníkem v oblasti technologií, hledá a preferuje nejnovější inovace v problematice ekologických vozidel a je ochoten vyzkoušet něco nového a ojedinělého. Takový řidič musí být otevřen novým věcem a chtít být součástí změny.

- Nevadí mu vysoká pořizovací cena a vysoké náklady na servis vozidla.
- Je ochoten přizpůsobit jízdu omezené infrastruktuře vodíkové technologie.
- Cestuje často na středně dlouhé vzdálenosti a potřebuje vozidlo, které mu umožní snadné a pohodlné řízení bez nutnosti častého doplňování paliva.
- Řidič s vyšší ekologickou orientací, který si uvědomuje dopady emisí na životní prostředí a chce přispět ke snížení emisí CO₂ a zlepšení kvality ovzduší v místě provozu.
- Nevadí mu velmi malý zavazadlový prostor.
- Preferuje moderní a inovativní technologie a hledá vozidlo, které nabízí nejnovější bezpečnostní a komunikační funkce.

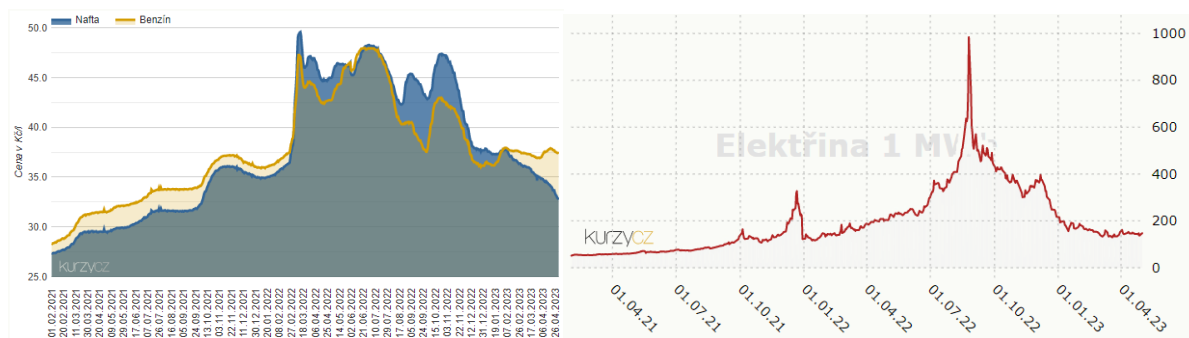
4.4 Rizika naplnění závěru

Celý automobilový průmysl včetně alternativních pohonů bude v budoucnosti ovlivňovat určité aspekty. Směr celého odvětví mají víceméně ve svých rukách členové Evropské unie nebo samotné vlády, které do této problematiky zasahují. Dosavadně spíše v neprospěch konvenčních spalovacích motorů s cílem pobídnout spotřebitele k přechodu na alternativní pohony či k využití jiných způsobů dopravy. Naplnění závěru této práce tak s sebou nese jistá rizika, které jsou v bodech uvedeny níže.

- **Stabilita cen energií (paliv)**

Ceny energií a paliv jsou neustále v pohybu a mohou být ovlivněny řadou faktorů. Především to mohou být geopolitické události, stavy zásob, poptávka po energiích a změny v produkci. Rok 2022 poukázal na to, jak křehký tento systém může být. S cenami paliv však hýbe i Evropská unie či státy samotné. Například u cestovních náhrad dochází od 1.4.2023 ke změně sazby pro výpočet cestovních náhrad ze 6 Kč /kWh na 8,20 Kč/kWh (Morávek, 2023). U naturalu 95 zůstává hodnota stejná od začátku roku 2023 na 44,10 Kč. Další změnou je schválení balíčku Fit for 55 Evropským parlamentem, který přináší nové klimatické normy. Emisní povolenky se v tomto případě budou promítat přímo do ceny paliv, což v případě benzínu znamená nárůst ceny o 2,50 Kč a u nafty 2,70 Kč za 1 litr, informuje Procházka (2023). Samotný systém emisních povolenek platí ve stejné podobě již od roku 2005 a producentům emisí (elektrárny, továrny atd.) stanovuje množství emisí, které mohou vyprodukovat, aniž by platili vysoké pokuty. Promítnutí emisních povolenek do ceny paliv bude mít za následek i zdražení služeb, které s dopravou a přepravou přímo souvisí – hromadná přeprava osob, nákladní přeprava apod. V jednání je také dotace na podporu podniků a koncových spotřebitelů tak, aby se na ně zmírnil přímý dopad. Cenu paliv také může ovlivňovat přímo vláda, a to zvyšováním či snižováním daňových sazeb. Příkladem může být odsouhlasené zvýšení sazby

za naftu na hodnotu 9,95 Kč za litr. V tomto případě se však jedná o vrácení na původní hodnotu, která byla v loňském roku snížena kvůli vysokým cenám, popisuje ČTK (2023).



Obrázek 25 Vývoj cen benzínu, nafty a elektřiny 2021–04/2023 (Kurzy.cz, 2023)

Nestabilní ceny paliv jsou ale také u těch syntetických, jelikož se jich nyní na světě vyrábí pouze omezené množství. Odhady kolem ceny litru takového paliva se různí, některé zdroje udávají, že při velkovýrobě by se mohla pohybovat kolem 150 Kč za litr (Srb, 2023), další odhady jsou výrazné přiblížení k dnešním cenám standardních fosilních paliv – 33 Kč za litr (Adámková, 2023). Momentálně je cena v některých případech i 200 Kč, což je pro většinu spotřebitelů nepřijatelné.

- **Regulační nařízení**

Zvyšování přísnějších emisních norem a požadavků na spotřebu paliva mohou být další výzvou pro výrobce automobilů. Příkladem tohoto rizika může být nařízení z balíčku Fit for 55 o potencionálním ukončení výroby spalovacích motorů od roku 2035 či o jejich omezení na spalování syntetických, uhlíkově neutrálních paliv (Kovanda, 2023). Státy k této problematice zatím přistupují i dle svého uvážení či možností, některé plánují ukončení prodeje již v roce 2025.

- **Dostupnost alternativních pohonů**

Evropský parlament zatím nestanovil žádné celoplošné nařízení ohledně dotací. Státy EU k nim tedy přistupují jednotlivě dle svých možností. Pořizovací cena je poté v zájmu automobilek, aby byla pro spotřebitele atraktivní. Vysoká pořizovací cena a nízká podpora ze strany státu představuje riziko pro další rozvoj alternativních pohonů.

- **Infrastruktura**

Vývoj alternativních pohonů a elektromobility může být limitován dostupností infrastruktury, jako jsou dobíjecí stanice a vodíkové čerpací stanice. Evropský parlament (2022) v rámci balíčku Fit for 55 odsouhlasil plán na pokrytí sítě dobíjecích stanic pro elektromobily

na hlavních silnicích EU. Dobíjecí stanice se tak musí nacházet každých 60 km, u vodíkových čerpacích stanic je tato vzdálenost stanovena na 100 km.

ZÁVĚR

V rámci diplomové práce na téma technicko-ekonomické aspekty různých automobilových pohonů byla na základě výběru čtyř vozidel s různými druhy pohonů provedena analýza a porovnání spalovacího motoru, hybridního pohonu, elektromobilu a vodíkového pohonu. Provedena byla technická specifikace, analyzovány jejich ekologické aspekty a následně ekonomická efektivita provozu. Pro tuto práci byly k porovnání vybrány automobily značky Toyota, konkrétně benzínová RAV4, hybridní Camry, elektrická bZ4X a vodíková Mirai.

Při analýze technických aspektů autor dospěl k závěru, že hybridní pohon modelu Toyota Camry vykazuje velmi dobré výkonnostní a praktické parametry. Z porovnávaných vozidel model Camry disponoval nejvyšším výkonem, největším dojezdem na jedno naplnění nádrže, slušným zrychlením a optimální velikostí zavazadlového prostoru. Nejméně bodů v tomto srovnání naopak obdržel elektromobil bZ4X, který měl nejkratší dojezd, menší zavazadlový prostor a nejdelší dobu na doplnění paliva (elektřiny).

Z ekologického hlediska se jako nejvhodnější jeví elektromobilita, konkrétně klasické elektromobily na baterie. Nelze však tvrdit, že by tyto pohony byly v porovnání s klasickým spalovacím motorem či hybridem v celkovém životním cyklu vozidla mnohonásobně ekologičtější. Elektromobilita si razí cestu za velké podpory Evropské unie a z některých rozhodnutí o dalším vývoji automobilového průmyslu se vytrácí racionalita a ekonomické uvažování. Ekologickým úskalím elektromobilů je především výroba elektrické energie z fosilních paliv, která v mnoha energetických mixech jednotlivých zemí zatím stále představuje větší část. A ačkoliv jsou země jako Norsko, které jsou schopny pokrýt většinu vnitrostátní poptávky po elektřině z obnovitelných zdrojů, většina zemí nebude mít možnosti přejít pouze na tyto zdroje z geografických důvodů, jelikož jejich poloha jim neumožňuje využít všechny dostupné možnosti. Dalším úskalím je výroba a recyklace lithium-iontových baterií, která představuje velká ekologická a bezpečnostní rizika, ke kterým se Evropská unie staví často flegmaticky, jelikož zatím nebyly vydané žádné předpisy a analýzy o tom, jak by těžba těchto vzácných kovů do baterií měla probíhat a jak by se následně tyto baterie měly recyklovat. U vodíkového pohonu je naopak problematický vodík samotný – výroba a distribuce. Nespornou výhodou těchto pohonů jsou nulové emise CO₂ v místě provozu, hodí se tak například do měst, kde kvalita ovzduší hraje důležitou roli. Úskalím spalovacích motorů je pak především výroba, distribuce ropy a poté samotný provoz vozidel, který představuje velkou ekologickou zátěž.

Na základě analýzy ekonomických parametrů byly pohony porovnávány po období 6 let provozu s ročním nájedem 15 000 km. Celkově se bral ohled na pořizovací cenu vozidla, náklady na PHM, náklady na servis a také ostatní náklady, které zahrnují povinné ručení, STK, emise, druhou sadu pneumatik, dálniční známku a u elektromobilu také nákup wallboxu pro domácí nabíjení. Dodatečně bylo k tomuto porovnání zařazeno i vozidlo Toyota RAV4 přestavěné na pohon LPG. V takovém porovnání je ekonomicky nejvíce přívětivé pořízení a provoz vozidla na LPG, které pro zvolený typ Toyota RAV4 s přestavbou představuje částku 1 288 149 Kč, u benzínového pohonu RAV4 je to navýšení o 73 800 Kč, u hybridní Camry je rozdíl + 178 914 Kč, u elektromobilu bZ4X jsou náklady vyšší o 339 852 Kč a u vodíkové Toyoty Mirai je to dokonce + 929 468 Kč. V jiných zemích EU, kde jsou podporované dotace na pořízení elektromobilu, již koupě může dávat větší ekonomický smysl, jelikož samotné náklady na provoz bez zohlednění pořizovací ceny jsou nižší u elektrických pohonů. Dotace jsou však zásahem do rozpočtu státu, což není zcela ideální řešení a mnoho států EU dotace redukuje nebo zcela ruší.

V závěru lze konstatovat, že zvolit vhodný typ pohonu, který by měl být v budoucnosti nejrozšířenější je poměrně složitý úkol. Každý typ má své výhody či nevýhody a hodí se pro rozdílné typy uživatelů. Hlavním cílem zavádění alternativních pohonů je snižování škodlivých emisí CO₂ a snižování závislosti na fosilních palivech. Elektromobilita by určitě mohla být jednou z cest, nicméně existuje stále mnoho nezodpovězených otázek, které jsou z nějakých důvodů často opomíjené. Za zmínku stojí například výroba a recyklace baterií, výroba elektřiny z fosilních paliv, přetížení sítí a menší flexibilita. Toto odvětví však prochází velmi rychlým technologickým vývojem a vlastnosti elektromobilů a vodíkových aut se posunuly velkým skokem dopředu. To, co se kdysi zdálo jako nemožné, je dnes realitou. Jsou odvětví, kde alternativní pohony smysl nedávají a někde zase mají naopak smysl velký. Jednoduchý příkladem může být městská doprava či nákladní doprava. Zcela odepsat spalovací motory však není dle názoru autora racionální a všechny pohony by měly v rozumném rozdělení existovat vedle sebe.

POUŽITÁ LITERATURA

- ADÁMKOVÁ, Alena, 2023. Spalovací motory zatím neskončí, budou ale využívat syntetická paliva. *E15* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/spalovaci-motory-zatim-neskonci-budou-ale-vyuzivat-synteticka-paliva-1397666>
- ALI, Owais, 2022. Environmental Impacts of Lithium-Ion Batteries. *AZO Clentech*. [online]. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1520>
- BEDNÁŘ, Marek, 2015. Jak funguje diesel. *Autoforum*. [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/technika/jak-funguje-diesel-proc-je-hlucny-tezky-a-proc-efektivni/>
- BERGMANN, Petr, 2021. Co je to elektromobil, jak funguje, jaké jsou typy nabíjení. *Elektrické vozy* [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/co-je-to-elektromobil-jak-funguje-a-jake-jsou-typy-nabijeni>
- BIOGRADLIJA, Arnes, 2022. Hydepoinť combines offshore wind and hydrogen in Norway. *Industry and energy*. *Industry and energy* [online]. [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.industryandenergy.eu/hydrogen/hydepoinť-combines-offshore-wind-and-hydrogen/>
- BŘEZINOVÁ, Jana, 2019. Dobíjecí stanice v Česku: Ultrarychlá stanice vyjde i na desetinásobek. *Elektrina.cz* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/dobijeci-stance-v-cesku>
- BŘEZINOVÁ, Jana, 2020. Poznejte tajemství elektromotoru. *Elektrina.cz* [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/jak-funguje-elektromotor>
- BRANKO, Remek, 2012. *Automobil a spalovací motor: Historický vývoj*. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788024776941
- BUČEK, Zdeněk, 2022. Ušetřete! Víme, kde právě teď můžete nabít elektromobil zdarma. *Elektrické vozy* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/kde-nabit-elektromobil-zdarma>
- BUREŠ, David, 2020. Prohlédli jsme si rozebraný elektromobil. Jeho technika není jednoduchá. *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/prohledli-j sme-si-rozebrany-elektromobil-jeho-technika-neni-jednoducha-134773>
- BUREŠ, David, 2022. Auta na vodík: Aktuální nabídka a jejich budoucnost. *Čsaka* [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.csaka.cz/auta-vodik/>
- CAMPBELL, Maeve, 2022. In pictures: South America's 'lithium fields' reveal the dark side of our electric future. *Euronews.green* [online]. [cit. 2023-01-23]. Dostupné z:

<https://www.euronews.com/green/2022/02/01/south-america-s-lithium-fields-reveal-the-dark-side-of-our-electric-future>

CEBIA, 2022. Vznětový motor je s námi už 125 let. Víte, jak funguje? *Cebia* [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/vznetovy-motor-je-s-nami-uz-125-let-vite-jak-funguje>

CIBULKOVÁ, Lenka, 2022. Ztráty při domácím nabíjení elektroaut jsou až 20 procent. *iDnes.cz* [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/ztraty-pri-nabijeni-elektromobilu-test-adac-wallbox.A220924_210920_automoto_fdv

COTTON, Lizzy, 2020. What Are The Different Types Of Electric Motors? *Parvalux* [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.parvalux.com/what-are-the-different-types-of-electric-motors/>

ČÁSLAVSKÝ, František, 2022. Toyota Prius: První.... *Autíčkář* [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: <https://www.autickar.cz/clanek/toyota-prius-prvni/>

ČECH, Jan, 2021. Rozvody ventilů. Proč vyhrává OHC? *Portál řidiče* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/rozvody-ventilu-proc-vyhrava-ohc>

ČERMÁK, Ladislav, 2022. Ceny CNG. *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/ceny-cng-leti-k-nebesum-kilogram-stoji-az-140-korun-9563>

ČERVENKA, Jiří, 2019. Baterie elektroaut jako v mobilech: Nabíjení na 100 % i rychlonabíjení jim škodí. *Autobible.cz* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/clanky/baterie-elektroaut-jsou-jako-v-mobilech-nabijeni-na-100-i-rychlona-bijeni-jim-skodi/>

ČEZ, 2023a. Aktuální ceník – elektromobilita. *Futur/e/go* [online]. [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: <https://www.futurego.cz/cs/smlouvy-cenik-a-opse>

ČEZ, 2023b. Ceník elektřiny pro domácnosti. *ČEZ* [online]. [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2023/moo/moo_ee_na_dobu_neurcitou_cez_01_01_23.pdf

ČISTÁ DOPRAVA, 2023. Vodíková mapa ČR. *Čistá doprava* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/mapy/h2/>

ČTK, 2023. Vláda vrátí původní spotřební daň u nafty. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.novinky.cz/clanek/ekonomika-zvyseni-spotrebni-dane-na-naftu-40430667#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=novinky.szhnp.box&source=hp&seq_no=1&utm_campaign=abtest217_krokovy_redesign_feedu_varB&utm_medium=z-boxiku&utm_source=www.seznam.cz

DAŇA, Ondřej, 2018. Toyota Camry jako nepopulárnější sedan světa. Toto je jeho historie. *Autojournal.cz* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.autojournal.cz/toyota-camry-jako-nepopularnejsi-sedan-sveta-toto-je-jeji-historie/>

DAŇA, Ondřej, 2019. 8 největších zajímavostí z historie Toyoty RAV4. *Autojournal.cz* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.autojournal.cz/8-nejvetsich-zajimavosti-z-historie-toyoty-rav4/>

DEKRA, 2023. STK Pardubice ceník. *Dekra* [online]. [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://dekra.cz/stkweb/?stk=3619&url=cenik>

DESMOND, Kevin, 2016. *Innovators in Battery Technology*. McFarland & Company. ISBN: 978-0786499335

DEVINN, 2023. Výroba vodíku. *Devinn* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/vyroba-vodiku>

DIRECT POJIŠTOVNA, 2023. Sjednání povinného ručení. *Direct.cz* [online]. [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.direct.cz/auto?s=0>

DITTRICH, Lukáš, 2022. Degradace lithium-iontových akumulátorů – Jak dlouho vydrží? *Automobil* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/degradace-lithium-iontovych-akumulatoru-jak-dlouho-vydrzi_48641.html

DOE, 2023. DOE Explains...the Carbon Cycle. *US Department of Energy* [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/science/doe-explainsthe-carbon-cycle>

DOHNAL, Radomír, 2023. Převratné baterie změní svět elektroaut, jen je nikdo nevyrobil. *iDnes.cz* [online]. [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/baterie-solid-state-polovodicove-cina-tesla-elektromobil.A230305_103013_automoto_dohr

DOLAN, James, 2023. The 5 Most Common Types of EV Batteries Explained. *MUO* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/different-types-ev-batteries-explained/>

DUSIL, Tomáš, 2016. Není hybrid jako hybrid. Čím se jednotlivé systémy liší? *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/neni-hybrid-jako-hybrid-cim-se-jednotlive-systemy-lisi-100314>

DUSIL, Tomáš, 2018. Hybridní pohony aneb není hybrid jako hybrid. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/hybridni-pohony-aneb-neni-hybrid-jako-hybrid-cim-se-lisi-plug-in-hybrid-od-mild-hybridu-a-full-hybridu-123123>

DUSIL, Tomáš, 2019. Přestavby vozidel na LPG: Opravdu se stále vyplatí? Jaké motory jsou vhodné pro přestavbu? *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/lpg-prestavba-vyhoda-nevyhoda-montaz-cena>

EDALNICE, 2023a. Elektronická dálniční známka. *eDalnice* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://edalnice.cz/index.html#/validation>

EDALNICE, 2023b. Osvobozená vozidla. *eDalnice* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://edalnice.cz/osvobozeni/index.html#deal>

EDUREV, 2022. World distribution of Petroleum. *Edurev* [online]. [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://edurev.in/t/180290/World-Distribution-of-Petroleum>

EHB, 2023. Country narratives. *EHB* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://ehb.eu/page/country-specific-developments>

ENERGY.GOV, 2023. Hydrogen Storage. *Energy.gov* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>

ENTSO-E, 2020. Koronavirus přestavěl energetiku. Podívejte se, jak se v EU změnila spotřeba a zdroje. *Aktuálně.cz* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/maximalni-zatizeni-rozvodnych-siti/r~a8d49e0a8ebe11ea9c800cc47ab5f122/>

ENUH, Blaise Manga, 2022. What Materials are Used to Make Electric Vehicle Batteries? *Azom* [online]. [cit. 2022-08-09]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=22142>

E.ON, 2023a. Ceník dobíjení E.ON [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.eon-drive.cz/pro-ridice/>

E.ON, 2023b. Dobíjení doma. *E.ON* [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.eon-drive.cz/soukroma-dobijecka/>

EIA, 2022. Electricity explained. *U.S. Energy Information Administration* [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/>

EPA, 2022. Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts. *EPA* [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>

ETHANOL ENERGY, 2023. Co jsou biopaliva? *Ethanol Energy* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://novyethanolenergy.cz/o-spolecnosti/o-biopalivech/>

EVROPSKÁ KOMISE, 2020. Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu. *Evropská komise* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=GA>

EVROPSKÝ PARLAMENT, 2022. Dobíjecí stanice pro automobily by měly být k dispozici každých 60 km. *Zpravodajství Evropský parlament* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20221014IPR43206/ep-dobijeci-stanice-pro-automobily-by-mely-byt-k-dispozici-kazdych-60-km>

EVROPSKÁ RADA, 2019. Plán REPowerEU. *Rada evropské unie* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_cs

EVROPSKÁ RADA, 2021. European Hydrogen Backbone. *Rada evropské unie* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-10/cesec_hlg_presentation_oge_ppp_on_the_european_hydrogen_backbone.pdf

EVROPSKÁ RADA, 2022a. Fit for 55. *Rada evropské unie* [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/fit-for-55-lulucf-land-use-land-use-change-and-forestry/>

EVROPSKÁ RADA, 2022b. Infografika – Infrastruktura pro zkapalněný zemní plyn v EU. *Rada evropské unie* [online]. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/infographics/lng-infrastructure-in-the-eu/>

FAZOR, Aleš, 2023. Výměna brzd Toyota RAV4. [e-mailová komunikace]. 17.3.2023, 7:49 CET [cit. 2023-02-17]. Osobní komunikace

FCHEA, 2023. Fuel Cell Basics. *FCHEA* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.fchea.org/fuelcells>

FIELDS, Cecilia, 2019. Electric Car Maintenance: What You Need to Know. *MotorBiscuit* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.motorbiscuit.com/electric-car-maintenance-what-you-need-to-know-about-maintaining-your-ev/>

FORBES, 2023. Čerpačky na vodík. Stát a Orlen chtějí posilovat vodíkovou infrastrukturu. *Forbes* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://forbes.cz/vodikove-cerpaci-stanice-stat-a-orlen-chteji-posilovat-vodikovou-infrastrukturu/>

GERA, 2023. Přestavby vozidel na CNG. *GERA* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <http://www.gera.cz/prestavby-lpg-cng/cng-prestavby>

GRAY, 2023. 5 New Battery Technologies That Will Change the Future. *Gray* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.gray.com/insights/5-new-battery-technologies-that-will-change-the-future/>

GSCHEIDLE, Rolf, 2015. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles. ISBN: 9783808521632

GREAVES, Paul, 2021. Toyota passes 15 million hybrid electric vehicles global sales. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://newsroom.toyota.eu/toyota-passes-15-million-hybrid-electric-vehicles-global-sales/>

H2 STATION MAPS, 2023. Retail Station Costs. *H2 Station Maps* [online]. [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://h2stationmaps.com/costs-and-financing>

HENDERSON, Rik, 2022. Hydrogen fuel cells: Everything you need to know about the future of sustainable transport. *Pocket-lint* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.pocket-lint.com/cars/news/151923-hydrogen-fuel-cells-explained-how-they-work/>

HERBICH, Richard, 2021. Toyota získala světový rekord. Vodíkový Mirai ujel přes 1000 kilometrů na nádrž. *Autorevenue.cz* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/toyota-ziskala-svetovy-rekord-vodikovy-mirai-ujel-pres-1000-kilometru-na-nadrz>

HOME CHARGING STATIONS, 2023. Electric Vehicle Charging Time Calculator. *Home Charging Stations* [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.homechargingstations.com/ev-charging-time-calculator/>

HOUSER, Pavel, 2022. Účinný vodíkový palivový článek se obejde bez drahých kovů. *Sciencemag* [online]. [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://sciencemag.cz/ucinny-vodikovy-palivovy-clanek-se-obejde-bez-drahych-kovu/>

HORÁČKOVÁ, Jana, 2010. Největší ropné katastrofy historie. *Investiční web* [online]. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.investicniweb.cz/investice/komodity/nejvetsi-ropne-katastrofy-historie>

HOŘČÍK, Jan, 2009a. Historie hybridních aut, 1. díl. *Hybrid* [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/historie-hybridnich-aut-1-dil/>

HOŘČÍK, Jan, 2009b. Sériový hybrid. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/seriovy-hybrid/>

HOŘČÍK, Jan, 2017. V Evropě se objevují první nabíječky 350 kW CCS Combo. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/v-evrope-se-objevuji-prvni-nabijecky-350-kw-ccs-combo/>

HOŘČÍK, Jan, 2021. Baterie elektromobilů Tesla Model S a Model X ztrácí 10 % kapacity po 320 000 km. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/baterie-elektromobilu-tesla-ztrati-pouze-10-kapacity-po-320-000-km/>

HYBRID.CZ, 2022. Svět čelí nové výzvě: recyklace baterií z elektromobilů. *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/svet-celi-nove-vyzve-recyklace-baterii-z-elektromobilu/>

HYUNDAI, 2023. Hyundai Nexo. *Hyundai* [online]. [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.hyundai.com/cz/modely/nexo.html>

CHAJDA, Radek, 2020. *Velká kniha automobilů*. Brno: Edika. ISBN 9788026615408.

IEA, 2020. Global Greenhouse Gas Emissions by the Transportation Sector. The Geography of Transport [online]. [cit. 2022-10-19]. Dostupné z: <https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-environment/greenhouse-gas-emissions-transportation/>

IPCC, 2022. What is the Greenest Source of Electricity? *Shrink that footprint* [online]. [cit. 2022-12-26]. Dostupné z: https://shrinkthatfootprint.com/greenest-electricity-source/?utm_content=cmp-true

ISEP, 2022. Share of Electricity from Renewable Energy Sources in Japan. *ISEP* [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.isep.or.jp/en/1243/>

JANOUT, Otto, 2017. Do Čínovce jsme dali deset let života, říká muž, který tam našel lithium. *iDnes.cz* [online]. [cit. 2022-11-09]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/karlovy-vary/zpravy/rozhovor-prospektor-otto-janout-lithium-cinovec-tisova-kobalt.A171221_371984_vary-zpravy_ba

JANURA, Lukáš, 2021. Plyn budoucnosti. Jak daleko je Česko na cestě k jeho využití? *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vodik-v-cesku.jak-daleko-jsme-na-cestech-k-vyuziti-plynu-budoucnosti>

JUNEK, Dominik, 2023. *Výměna brzd Toyota Camry, bZ4X a Mirai*. [e-mailová komunikace]. 17.3.2023, 7:28 CET [cit. 2023-02-17]. Osobní komunikace

KARRA, Siddharth, 2023. *Cobalt Red: How the Blood of the Congo Powers Our Lives*. V New York City, St. Martin's Press. ISBN 9781250284297.

KOLMAN, Stanislav, 2022. Elektromobily v zimě: Velký test ukázal pokles dojezdu až o polovinu. A vyvrátil jeden mýtus. *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektromobily-v-zime-velky-test-ukazal-pokles-dojezdu-az-o-polovinu-a-vyvratil-jeden-mytus-143236>

KOVANDA, Lukáš, 2023. Brusel ustupuje Berlínu, auta se spalovacími motory se budou prodávat i po roce 2035. *Newstream* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z:

<https://www.newstream.cz/trhy/lukas-kovanda-brusel-ustupuje-berlinu-auta-se-spalovacimi-motory-se-budou-prodavati-po-roce-2035>

KOVAŘÍKOVÁ, Zdeňka, 2021. Plyn budoucnosti. Jak daleko je Česko na cestě k jeho využití? *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z:

<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vodik-v-cesku.jak-daleko-jsme-na-cestech-k-vyuziti-plynu-budoucnosti>

KUBÁTOVÁ, Zuzana, 2022. Cena lithia letí vzhůru, na Cínovci je ho za 10 bilionů. *Seznam zprávy* [online]. [cit. 2022-12-20]. Dostupné z:

<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-cesko-jako-kuvajt-cena-lithia-leti-vzhuru-na-cinovci-je-ho-za-10-bilionu-198419>

KURZY.CZ, 2023a. Vývoj cen PHM. *Kurzy.cz* [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z:

<https://www.kurzy.cz/komodity/>

KURZY.CZ, 2023b. Vývoj cen platiny. *Kurzy.cz* [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z:

<https://www.kurzy.cz/komodity/platina-graf-vyvoje-ceny/>

LAŽANSKÝ, Milan, 2023. V Praze byla otevřena vodíková čerpací stanice, do tří let jich v Česku má být dvanáct. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z:

<https://www.novinky.cz/clanek/auto-v-praze-byla-otevorena-vodikova-cerpaci-stance-do-tri-let-jich-v-cesku-ma-byt-dvanact-40425464>

LIGHTYEAR, 2023. Lightyear One. *Lightyear*. [online]. [cit. 2023-04-01]. Dostupné z:

<https://lightyear.one>

LIU, Wei, 2017. *Hybrid Electric Vehicle System Modeling and Control*. V New York City, Wiley. ISBN 978-1119279327.

LPG Service, 2023. Ceník přestavby na LPG. *LPG Service* [online]. [cit. 2023-02-01].

Dostupné z: http://www.lpgservice.cz/webcontent/file/Prestavby_13-web.pdf

MACEK, Jan, 2021. Mylné názory spojené s idejí politicky prosazované totální elektromobility. *Realistická energetika* [online]. [cit. 2022-12-23]. Dostupné z:

<https://realisticka.cz/2021/03/30/mylne-nazory-spojene-s-ideji-politicky-prosazovane-totalni-elektromobility/>

MACUROVÁ, Anna, 2022. Auta na vodík: O co jde a jaké mají výhody a nevýhody. *Autotrip* [online]. [cit. 2022-12-13]. Dostupné z: <https://autotrip.cz/vodikova-auta/>

MAJLING, Eduard, 2015. Palivové články – princip funkce a dělení. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/palivove-clanky-princip-funkce-a-deleni>

MAJLING, Eduard, 2019. Problém s nestabilitou slibných lithium-sírových baterií může podle vědců vyřešit grafenová "houba". *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/problem-nestabilitou-slibnych-lithium-sirovych-baterii-muze-podle-vedcu-vyresit-grafenova-houba>

MANGA, Alex, 2016. *LPG Installation*. V Norderstedtu: Books on Demand. ISBN 9783739221267

MAŠEK, František, 2015. Motory, motory a zase jen motory: dvoutakty, čtyřtakty, řadové, vidlicové, boxery, wankely... (2. díl). *TipCars* [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/motory-motory-a-zase-jen-motory-dvoutakty-ctyrtakty-radove-vidlicove-boxery-wankely-2-dil.html>

MÁRA, Ondřej, 2019. Elektromobily a jejich nabíjení: Znáte nejčastější typy nabíječek a konektorů? *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/elektromobily-a-jejich-nabijeni-znate-nejcastejsi-typy-nabijecek-a-konektoru-130851>

MELICH, Filip, 2022. Do výroby jde solární auto z Holandska, bez nabíjení vydrží měsíce. *Auto.cz* [online]. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/do-vyroby-jde-solarni-auto-z-holandska-bez-nabijeni-vydrzi-mesice-144391>

MICHALEC, Karel, 2021. Odpůrci elektromobility argumentují vodíkem a neuvědomují si stejné problémy při tankování. *Autozine* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://autozine.cz/odpurci-elektromobility-argumentuji-vodikem-a-neuvedomuji-si-stejne-problemy-pri-tankovani/>

MOKŘÍŠ, Jakub, 2021a. Jaká je životnost baterií elektromobilů a kolik let vydrží? *Portalridice.cz* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/zivotnost-baterii-elektroaut-jak-dlouho-vydrzi>

MOKŘÍŠ, Jakub, 2021b. Kolik stojí baterie do elektromobilu? *Portalridice.cz* [online]. [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/kolik-stoji-baterie-do-elektromobilu>

MORÁVEK, Daniel, 2023. Cestovní náhrady se opět zvýší, může za to cena elektřiny. *Podnikatel* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/aktuality/cestovni-nahrady-se-opet-zvysi-muze-za-to-cena-elektriny/>

MPO, 2021. Vodíková strategie České republiky. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2022-11-21]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2021/7/3VL-03-Vodikova-strategie_v030b.pdf

MPO, 2022. Seznam veřejných dobíjecích stanic — stav k 31. 12. 2022. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/seznam-verejnych-dobijecich-stanic--stav-k-31--12--2022--271957/>

MULACH, Jordan, 2022. Tesla Model Y price to fall with next-generation 4680 battery. *Drive* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://www.drive.com.au/news/tesla-model-y-cost-to-reduce-4680-battery/>

NAVRÁTIL, David, 2022. Měď, nikl, lithium a spol.: Kdo má pod palcem těžbu a zpracování surovin? *Investiční web* [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.investicniweb.cz/investice/komodity/med-nikl-lithium-spol-kdo-ma-pod-palcem-tezbu-zpracovani-surovin>

NOAA, 2023. What is the carbon cycle? *NOAA* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/carbon-cycle.html#transcript>

NOVÁK, František, 2021. Těžba niklu způsobuje rakovinu. Odvrácená tvář zelených elektromobilů. *Euro.cz* [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/clanky/tezba-niklu-zpusobuje-rakovinu-odvracena-tvar-zelenych-elektromobilu-1367929/>

NOVOTNÝ, Robin, 2020. Co ovlivňuje životnost baterie elektromobilu a jak se dá prodloužit? *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/co-ovlivnuje-zivotnost-baterie-elektromobilu-a-jak-se-da-prodlouzit-6203>

OLŠANSKÝ, Milan, 2011. Bionafta – Obchodní případ. *Automobil* [online]. [cit. 2022-12-20]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/bionafta-obchodni-pripad_40023.html

PATRICOLO, Claudia, 2022. Five potential hydrogen supply corridors to cross all CEE countries. *CEEnergy news* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://ceenergynews.com/hydrogen/five-potential-hydrogen-supply-corridors-to-cross-all-cee-countries/>

PETERS, Adele, 2019. Inside Tesla's 100 % renewable design for the Gigafactory. *Fast company* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://www.fastcompany.com/90334858/inside-teslas-100-renewable-design-for-the-gigafactory>

PETROFSKI, Alexander, 2022. Volvo Cars is first car maker to join SteelZero initiative in support of fossil-free steel ambitions. *Volvo* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z:

<https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/301755/volvo-cars-is-first-car-maker-to-join-steelzero-initiative-in-support-of-fossil-free-steel-ambitions>

PNUEMATIKY, 2023. Osobní pneu. *Pneumatiky.cz* [online]. [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/pneumatiky-osobni-t8>

POLLARD, Tim, 2022. Electric car batteries: everything you need to know. *Car* [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.carmagazine.co.uk/electric/ev-car-battery-capacity-tech/>

PRE, 2023. Ceník dobíjení na Prepoint. *PRE Mobilita* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/dobijeni-na-prepoint/chci-dobijet-na-prepoint/chci-dobijet-pravidelne/cenik-dobijeni/>

PROCHÁZKA, Martin, 2023. Povolenky EU nejvíc zdraží uhlí, až o 40 procent. Benzín skočí o tři koruny. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/domaci-povolenky-eu-nejvic-zdrazi-uhli-az-o-40-procent-benzin-skoci-o-tri-koruny-40429791>

ROMARE, Mia, 2017. The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries. *IVL* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/transporter/c243-the-life-cycle-energy-consumption-and-co2-emissions-from-lithium-ion-batteries-.pdf>

SAMOHÝL, Ladislav, 2015. *Fenomén Mercedes-Benz & Čechy, Morava a Slezsko*. V Praze: Grada Publishing. ISBN 9788027109845

SAJDL, Jan, 2021. Výpočet emisí CO2. *Autolexicon* [online]. [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/>

SEDLÁČEK, Vojtěch, 2021. Vyzkoušeli jsme vodíkovou budoucnost, kterou u nás jen tak nepotkáte. Sedli jsme za volant Toyoty Mirai. *Czechcrunch* [online]. [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://cc.cz/vyzkouseli-jsme-vodikovou-budoucnost-kterou-u-nas-jen-tak-nepotkate-sedli-jsme-za-volant-toyoty-mirai/>

SONO MOTORS, 2022. Model Sion test. *Sono Motors* [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://sonomotors.com>

SRB, Ladislav, 2021. Proč se u dnešních elektromobilů používají různé typy elektromotorů? *Elektrickévozy* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/proc-se-u-dnesnich-elektromobilu-pouzivaji-ruzne-typy-elektromotoru>

SRB, Luboš, 2022. První kilometry s elektromobilem Toyota bZ4X po českých silnicích. Jak se nám líbí? *Elektrickévozy* [online]. [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/test-toyota-bz4x>

- SRB, Luboš, 2023. Cena 150 korun za litr benzínu? Syntetická paliva jsou prostě nesmysl. *Elektrickévozy* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/cena-150-korun-za-litr-benzinu-synteticka-paliva-jsou-proste-nesmysl>
- STATISTA, 2022. Nuclear power in France – Statistics & Facts. *Statista* [online]. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://www.statista.com/topics/6256/nuclear-power-in-france/#topicOverview>
- STOLTEN, Detlef, 2010. *Hydrogen and fuel cells*. Ve Weinheimu: Wiley WCH. ISBN 9783527327119
- STRNAD, David, 2022. Plovoucí terminály na LNG ohrozí klima, varují vědci. Je to nutné, oponují státy. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-plovouci-terminaly-na-lng-ohrozi-klima-varuji-vedci-je-to-nutne-oponuji-staty-eu-40407348>
- STROUHAL, Jan, 2021. Spící byznys za miliardy. Kdo probudí české lithium? *Forbes* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://forbes.cz/spici-byznys-za-miliardy-kdo-probudi-lithium/>
- SUGA, Masumi, 2022. Toyota-Panasonic battery venture looking for new coastal site. *The Japan Times* [online]. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.japantimes.co.jp/news/2022/11/21/business/corporate-business/toyota-panasonic-batteries-2/>
- SUŠOVÁ-SALMINEN, Veronika, 2022. Kdo patří k největším vývozcům LNG? *Argument* [online]. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <http://casopisargument.cz/?p=44419>
- ŠIMŮNEK, Michal, 2022. Jaké motory se používají u dnešních elektromobilů a proč? *AutoŽivě* [online]. [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.autozive.cz/jake-motory-se-pouzivaji-u-dnesnich-elektromobilu-a-proc/>
- ŠPINA, Martin, 2021. Olověné baterie: Stálice na poli akumulace již více než půldruhého století. *Oenergetice* [online]. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/olovene-baterie-stalice-poli-akumulace-jiz-vice-nez-puldruheho-stoleti>
- ŠPAČEK, Jakub, 2018. Jak funguje elektromobil? Technika se vyvíjí, ale moc nemění. *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>
- ŠRUBAŘOVÁ, Petra, 2018. Jak fungují palivové články? *Tzbinfo* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/elektromotory-pohony-a-stroje/16987-jak-funguji-palivove-clanky>
- ŠTĚRBA, Pavel, 2013. *Automobily s pohonem na LPG*. Brno: CPress. ISBN 9788026401483

ŠUMAN-HREBLAY, Marián, 2020. *Dvě století českých automobilů*. Praha: Albatros Media. ISBN 9788026434597

ŠURKALA, Milan, 2022. Modrý vodík u Shellu: zachytávání CO2 odstraňuje jen 48 % celkových emisí. *Svět hardware* [online]. [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/modry-vodik-u-shellu-zachytavani-co2-odstranuje-jen-48-celkovych-emisi/56998>

ŠVAMBERK, Jiří, 2018. Vyznáte se v záplavě moderních hybridů. *Deník.cz* [online]. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/auto/vyznate-se-v-zaplave-modernich-hybridu-pro-jistotu-nabizime-tahak-20180709.html>

TAYLOR, Alex, 2013. 10 alternatives to the gasoline-powered engine. *Fortune* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://fortune.com/2013/11/01/10-alternatives-to-the-gasoline-powered-engine/>

TESLA, 2023. Konfigurátor Model X. *Tesla* [online]. [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/modelx>

TOMÍŠEK, 2020. Konektor CHAdeMO dostal smrtící úder, Nissan přechází na CCS. *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/konektor-chademo-dostal-smrtici-uder-nissan-prechazi-na-ccs-5584>

TOYOTA, 2023a. Ceník předepsané servisní údržby Toyota Camry. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/majitele/kalkulator-servisnich-ukonu#/cz/1/3/0/554495/1>

TOYOTA, 2023b. Ceník předepsané servisní údržby Toyota bZ4X. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/majitele/kalkulator-servisnich-ukonu#/cz/1/147/0/554495/1>

TOYOTA, 2023c. Ceník předepsané servisní údržby Toyota Mirai. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/majitele/kalkulator-servisnich-ukonu#/cz/1/112/0/554495/1>

TOYOTA, 2023d. Ceník předepsané servisní údržby Toyota RAV4. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/majitele/kalkulator-servisnich-ukonu#/cz/1/10/0/554495/10>

TOYOTA, 2023e. Konfigurátor Toyota Camry. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/nova-auta/camry/konfigurator>

TOYOTA, 2023f. Konfigurátor Toyota bZ4x. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/nova-auta/bz4x/konfigurator>

TOYOTA, 2023g. Konfigurátor Toyota Mirai. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/nova-auta/mirai/konfigurator>

TOYOTA, 2023h. Konfigurátor Toyota RAV4. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/nova-auta/rav4/konfigurator>

TOYOTA, 2023i. Zimní pneumatiky a komplety. *Toyota* [online]. [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: <https://www.toyota.cz/majitele/dily-a-prislusenstvi/prislusenstvi/zimni-komplety>

TÜV SÜD, 2022. Vodík umožňuje propojení čisté energie s aplikacemi. *TÜV SÜD* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.tuvsud.com/cs-cz/temata/vodik/zjistete-vice-o-hodnotovem-retezci-vodiku/skladovani-a-distribuce-vodiku>

UE Technologies, 2023. How Much Does A Tesla Battery Weigh? *UE Technologies* [online]. [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.ue technologies.com/how-much-does-a-tesla-battery-weigh/>

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2020. Platinum-group metals. *U.S. Geological* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-platinum.pdf>

VANĚK, Václav, 2022. Skladování vodíku. *3Pol* [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/2822-skladovani-vodiku>

SCHAUHUBEROVÁ, Markéta, 2013. LNG vs CNG. *Cngplus* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.html>

VOKÁČ, Luděk, 2012. První vodíkové auto je starší než všechny na benzin, je mu 205 let. *iDnes* [online]. [cit. 2022-12-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/prvni-vodikove-auto-je-starsi-nez-vsechna-na-benzin-je-mu-205-let.A120221_011818_automoto_vok

VOLŠICKÝ, Lukáš, 2020. Hybridní a elektrické pohony: Vyznáte se ve všech typech? *Autoweb* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/hybridni-elektricke-pohony-vyznate-se-ve-vsech-typech/>

VOMÁČKA, Petr, 2023a. Která země má nejvyšší dotace na nákup elektromobilů? *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/ktera-zeme-ma-nejvyssi-dotace-na-nakup-elektromobilu-10309>

VOMÁČKA, Petr, 2023b. Podívali jsme se podrobně na recyklaci baterií z elektromobilů. *fDrive.cz* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/podivali-jsme-se-podrobne-na-recyklaci-baterii-z-elektromobilu-10099>

VOŘÍŠEK, Martin, 2023. Odvážné jaderné plány Francie: Vláda zjišťuje, zda země zvládne postavit více než 14 nových bloků. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z:

<https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/odvazne-jaderne-plany-francie-vlada-zjistuje-zda-zeme-zvladne-postavit-vice-nez-14-novych-bloku>

VRCHOTA, Matouš, 2022. Největší nevýhoda elektromobilů? Cena náhradní baterie zaskočí i obrovské pesimisty. *fDrive.cz*. [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/nejvetsi-bolistka-elektromobilu-cena-nahradni-baterie-zaskoci-i-nejvetsi-pesimisty>

WAPOS, 2023. Kalkulačka nákladů. *Wapos* [online]. [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <http://www.prestavby-lpg-cng.cz/kalkulacka>

WARD, James, 2022. The fully electric Toyota RAV4 you never knew existed. *Drive* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.drive.com.au/caradvice/the-fully-electric-toyota-rav4-you-never-knew-existed/>

ZEMO Partnership, 2023. Lifecycle CO2e: Understanding Emissions Across Vehicle Segments and Policies. *Zemo Partnership* [online]. [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.zemo.org.uk/work-with-us/collaborative-initiatives/projects/2020-lifecycle-emissions-policy-integration.htm>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Kalkulace návratnosti přestavby benzínového vozidla na LPG.....	15
Tabulka 2	Kalkulace návratnost přestavby benzínového vozidla na CNG.....	16
Tabulka 3	Různé možnosti dobíjení elektromobilu s konkrétními časy pro vůz bZ4X.....	24
Tabulka 4	Přibližná cena výstavby jednotlivých typů veřejných dobíjecích stanic.....	26
Tabulka 5	Produkce v gramech CO ₂ /kWh pro určité zdroje energie.....	48
Tabulka 6	Profil řidiče pro výpočet povinného ručení.....	56
Tabulka 7	Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota RAV4 2.0 Benzín.....	57
Tabulka 8	Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota Camry 2.5 Hybrid	58
Tabulka 9	Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota bZ4X	60
Tabulka 10	Ceny veřejného dobíjení u dodavatelů E.ON, ČEZ, PRE v roce 2023.....	61
Tabulka 11	Dotace na pořízení elektromobilu v zemích EU	62
Tabulka 12	Technicko-ekonomické aspekty vozidla Toyota Mirai.....	64
Tabulka 13	Porovnání technických aspektů u zvolených typů pohonu	65
Tabulka 14	Porovnání technických aspektů s bodovým ohodnocením	66
Tabulka 15	Porovnání ekologických aspektů – bodová metoda.....	67
Tabulka 16	Celkové náklady na pořizovací cenu	69
Tabulka 17	Celkové náklady na PHM za jednotlivá období.....	69
Tabulka 18	Ceny servisních úkonů za jednotlivá období (materiál + práce).....	70
Tabulka 19	Ostatní náklady spojené s provozem po dobu 6 let.....	71
Tabulka 20	Celkové náklady na 6letý provoz včetně pořizovací ceny.....	71
Tabulka 21	Celkové náklady na 6letý provoz vozidla Toyota RAV4 LPG.....	72
Tabulka 22	Celkové náklady na 6letý provoz bez pořizovací ceny	72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Čtyřdobý zážehový motor – pracovní doby	12
Obrázek 2	Vidlicový osmiválec	13
Obrázek 3	System LPG	14
Obrázek 4	Plovoucí terminál na LNG	17
Obrázek 5	Princip elektromotoru	20
Obrázek 6	Baterie vozidla Tesla Model Y	21
Obrázek 7	Typy konektorů pro dobíjení elektromobilu	25
Obrázek 8	Mapa veškerých dobíjecích stanic v ČR	26
Obrázek 9	Hybridní pohon	28
Obrázek 10	Uspořádání vodíkového pohonného ústrojí Toyoty Mirai	31
Obrázek 11	Funkce palivového článku	32
Obrázek 12	Mapa vodíkových čerpacích stanic	33
Obrázek 13	Solární elektromobil Lightyear 0	36
Obrázek 14	Produkce CO ₂ vyvolaná lidskou činností	40
Obrázek 15	Lithiová pole Salar de Atacama v severním Chile	42
Obrázek 16	Vývoj ceny lithia v US dolarech za metrickou tunu	43
Obrázek 17	Těžební důl kobaltu v Demokratické republice Kongo	44
Obrázek 18	Energetický mix EU 2020	46
Obrázek 19	Energetický mix ČR 2021	47
Obrázek 20	Potencionální koridory pro dodávky vodíku do Evropy	52
Obrázek 21	Toyota RAV4	56
Obrázek 22	Toyota Camry	58
Obrázek 23	Toyota bZ4X	59
Obrázek 24	Toyota Mirai	63
Obrázek 25	Vývoj cen benzínu, nafty a elektřiny 2021–04/2023	75

SEZNAM ZKRATEK

AC	Alternating current Střídavý proud
CNG	Compressed Natural Gas Stlačený zemní plyn
CO ₂	Carbon Dioxide Oxid uhličitý
DC	Direct current Stejnoseměrný proud
DOE	Department of Energy Oddělení energetiky
EPA	Environmental Protection Agency Agentura ochrany životního prostředí
FCHEA	Fuel Cell & Hydrogen Energy Association Asociace vodíkové energetiky & palivových článků
IEA	International Energy Agency Mezinárodní energetická agentura
ISEP	Institute for Sustainable Energy Policies Institut pro pravidla udržitelné energetiky
LNG	Liquefied Natural Gas Zkapalněný zemní plyn
LPG	Liquefied Petroleum Gas Zkapalněný ropný plyn
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration Národní úřad pro oceány a atmosféru
PHM	Pohonné hmoty
UFC	Ultra Fast Charging Ultra rychlé nabíjení
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicle Test Celosvětový testovací standard pro lehká užitková vozidla

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Rozpis servisních úkonu dle výrobce – Toyota RAV4

Příloha B Rozpis servisních úkonu dle výrobce – Toyota Camry

Příloha C Rozpis servisních úkonu dle výrobce – Toyota bZ4X

Příloha D Rozpis servisních úkonu dle výrobce – Toyota Mirai

Příloha A Rozpis servisních úkonů dle výrobce – Toyota RAV4

	Cena	Rozpis	Počet	Rozpad cen
15 000 km / 1 rok	4 783 Kč	Práce – údržba Těsnění olejové zátky Filtr olejový Motorový olej 0W-16 Eko likvidace filtrů Spotřební materiál	0.9 h 1 ks 1ks 4.3 l 1 ks 1ks	1 404 Kč 59 Kč 388 Kč 2 829 Kč 109 Kč 109 Kč
30 000 km / 2 rok	7 310 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Těsnění olejové zátky Filtr olejový Brzdová kapalina Motorový olej 0W-16 Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	1.9 h 1 ks 1 ks 1 ks 0,5 l 4.3 l 1 ks 1 ks	2 851 Kč 543 Kč 59 Kč 388 Kč 195 Kč 2 829 Kč 109 Kč 109 Kč
45 000 km / 3 rok	4 923 Kč	Práce – údržba Těsnění olejové zátky Filtr olejový Motorový olej 0W-16 Eko likvidace filtrů Malá prohlídka Výměna brzd	1.2 l 1 ks 1 ks 4.3 l 1 ks 1 ks 4 ks	1 872 Kč 59 Kč 388 Kč 2 829 Kč 109 Kč 109 Kč 26 145 Kč
60 000 km / 4 rok	8 647 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Filtr vzduchový Těsnění olejové zátky Filtr olejový Brzdová kapalina Motorový olej 0W-16 Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	1.9 h 1 ks 1 ks 1 ks 1 ks 0.5 l 4.3 l 1 ks 1 ks	2 851 Kč 543 Kč 1 337 Kč 59 Kč 388 Kč 195 Kč 2 829 Kč 109 Kč 109 Kč

75 000 km / 5 rok	4 783 Kč	Práce – údržba	0.9 h	1 404 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Filtr olejový	1 ks	388 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.3 l	2 829 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
90 000 km / 6 rok	11 567 Kč	Práce – údržba	2.2 h	3 432 Kč
		Svíčka zapalovací	4 ks	3 901 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Filtr olejový	1 ks	388 Kč
		Brzdová kapalina	0.5 l	195 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.3 l	2 829 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
		Výměna brzd	4 ks	26 145 Kč
Celkem				94 303 Kč

Zdroj: Toyota (2023d)

Příloha B Rozpis servisních úkonů dle výrobce – Toyota Camry

	Cena	Rozpis	Počet	Rozpad cen
15 000 km / 1 rok	5 916 Kč	Práce – údržba	1 h	1 561 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2961 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
30 000 km / 2 rok	7 204 Kč	Práce – údržba	1,7 h	2 654 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2 961 Kč
		Brzdová kapalina	0.5 l	195 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
45 000 km / 3 rok	6 228 Kč	Práce – údržba	1.2 h	1 873 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2 961 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč

60 000 km / 4 rok	8 541 Kč	Práce – údržba	1.7 h	2 654 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Filtr vzduchový	1 ks	1 337 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2 961 Kč
		Brzdová kapalina	0.5 l	195 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
75 000 km / 5 rok	5 916 Kč	Práce – údržba	1 h	1 561 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2 961 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
90 000 km / 6 rok	39 987 Kč	Práce – údržba	2.0 h	3 122 Kč
		Filtr olejový	1 ks	345 Kč
		Svíčka zapalovací	4 ks	3 644 Kč
		Těsnění olejové zátky	1 ks	59 Kč
		Vzduchový filtr HV baterie	1 ks	229 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	543 Kč
		Motorový olej 0W-16	4.5 l	2 961 Kč
		Brzdová kapalina	0.5 l	195 Kč
		Kapalina ATF do automatické převodovky	3.9 l	5 070 Kč
		Eko likvidace filtrů	1 ks	109 Kč
		Malá prohlídka	1 ks	109 Kč
		Výměna brzd	4 ks	23 600 Kč
		Celkem		

Zdroj: Toyota (2023a)

Příloha C Rozpis servisních úkonů dle výrobce – Toyota bZ4X

	Cena	Rozpis	Počet	Rozpad cen
15 000 km / 1 rok	3 091 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	0.8 h 1 ks 1 ks 1 ks	1 587 Kč 1 286 Kč 109 Kč 109 Kč
30 000 km / 2 rok	4 278 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Brzdová kapalina Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	1.3 h 1 ks 0.5 l 1 ks 1 ks	2 579 Kč 1 286 Kč 195 Kč 109 Kč 109 Kč
45 000 km / 3 rok	3 091 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	0.8 h 1 ks 1 ks 1 ks	1 587 Kč 1 286 Kč 109 Kč 109 Kč
60 000 km / 4 rok	4 278 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Brzdová kapalina Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	1.3 h 1 ks 0.5 l 1 ks 1 ks	2 579 Kč 1 286 Kč 195 Kč 109 Kč 109 Kč
75 000 km / 5 rok	3 091 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Eko likvidace filtrů Malá prohlídka	0.8 h 1 ks 1 ks 1 ks	1 587 Kč 1 286 Kč 109 Kč 109 Kč
90 000 km / 6 rok	27 778 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace Brzdová kapalina Eko likvidace filtrů Malá prohlídka Výměna brzd	1.3 h 1 ks 0.5 l 1 ks 1 ks 4 ks	2 579 Kč 1 286 Kč 195 Kč 109 Kč 109 Kč 27 778 Kč
Celkem				53 172 Kč

Zdroj: Toyota (2023b)

Příloha D Rozpis servisních úkonů dle výrobce – Toyota Mirai

	Cena	Rozpis	Počet	Rozpad cen
15 000 km / 1 rok	5 405 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace	2.1 h 1 ks	2 923 Kč 2 482 Kč
30 000 km / 2 rok	7 310 Kč	Práce – údržba Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru I. Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru II. Filtr klimatizace Brzdová a spojková kapalina	3 h 1 ks 1 ks 1 ks 0.5 l	4 176 Kč 229 Kč 229 Kč 2 482 Kč 195 Kč
45 000 km / 3 rok	16 212 Kč	Práce – údržba Vzduchový filtr palivového článku Vzduchový filtr palivového článku – chemický Filtr klimatizace Ochranná vložka palivového článku	2.1 h 1 ks 1 ks 1 ks 2 ks	2 923 Kč 1 429 Kč 8 707 Kč 2 482 Kč 670 Kč
60 000 km / 4 rok	19 088 Kč	Práce – údržba Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru I. Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru II. Filtr klimatizace Iontový výměník Brzdová a spojková kapalina	3.1 h 1 ks 1 ks 1 ks 1 ks 0.5 l	4 315 Kč 229 Kč 229 Kč 2 482 Kč 11 639 Kč 195 Kč
75 000 km / 5 rok	5 405 Kč	Práce – údržba Filtr klimatizace	2.1 h 1 ks	2 923 Kč 2 482 Kč

90 000 km / 6 rok	44 056 Kč	Práce – údržba	3.1 h	4 315 Kč
		Vzduchový filtr palivového článku	1 ks	1 429 Kč
		Vzduchový filtr palivového článku – chemický	1 ks	8 707 Kč
		Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru I.	1 ks	229 Kč
		Vzduchový filtr chlazení vysokonapětového akumulátoru II.	1 ks	229 Kč
		Výdech vzduchového filtru palivového článku	1 ks	2 300 Kč
		Filtr klimatizace	1 ks	2 482 Kč
		Ochranná vložka palivového článku	2 ks	670 Kč
		Brzdová a spojková kapalina	0.5 l	195 Kč
		Výměna brzd	4 ks	23 500 Kč
		Celkem		

Zdroj: Toyota (2023c)