

**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV AUTOMOBILŮ, SPALOVACÍCH MOTORŮ
A KOLEJOVÝCH VOZIDEL**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Využití 48 V technologie pro hybridní pohon
osobního automobilu**

2021

Autor práce: Bc. Martin Bauer

Vedoucí práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bauer** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **465364**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Dopravní a transportní technika**
Specializace: **Motorová vozidla**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití 48V technologie pro hybridní pohon osobního automobilu

Název diplomové práce anglicky:

Utilization of 48V technology for hybrid drive of passenger car

Pokyny pro vypracování:

Pomocí metody ECMS (GT-Suite) a vybraných heuristických algoritmů porovnejte spotřebu vozidla Octavia 4. generace a jeho hybridní verze se 48V technologií v cyklu WLTC a na několika skutečných trasách (městská, příměstská, silniční ap.). Použijte trasy změřené v předchozích pracích. Navrhněte vlastní úpravu algoritmu výpočtu. Výsledky výpočtu porovnejte s výsledky měření na reálném vozidle. Zdůvodněte rozdíly.

Seznam doporučené literatury:

DP Jan Macháček, DP Petr Kohel, DP Martin Suchý a další
Internet

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Josef Morkus, CSc., ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **14.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **19.09.2021**

Ing. Josef Morkus, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Využití 48V technologie pro hybridní pohon osobního automobilu“ vypracoval samostatně za použití literatury a zdrojů uvedených na konci této práce.

V Praze dne

.....

Bc. Martin Bauer

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce, panu Ing. Josefu Morkusovi, CSc., za jeho trpělivost, cenné rady a připomínky při psaní této práce. Dále děkuji panu Ing. Rastislavu Tomanovi za poskytnutí potřebných dat a pomoc ohledně modelu a panu Ing. Vojtěchu Klírovi za poskytnutí dat z experimentálních měření a práci při domlouvání reálného testování. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a všem, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

Jméno autora: Bc. Martin BAUER
Název DP: Využití 48 V technologie pro hybridní pohon osobního automobilu
Anglický název: Utilization of 48 V technology for hybrid drive of passenger car
Rok: 2021
Studijní program: (NDTT) Dopravní a transportní technika
Obor studia: (N071TMVO) Motorová vozidla
Ústav: Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel
Vedoucí DP: Ing. Josef Morkus, CSc.

Bibliografické údaje:	počet stran	93
	počet obrázků	39
	počet tabulek	7
	počet příloh	2

Klíčová slova: 48 V, hybridní vozidlo, Mild Hybrid

Keywords: 48 V, hybrid vehicle, Mild Hybrid

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá využitím 48 V technologie u osobních automobilů. V první části je provedena rešerše, zabývající se touto technologií a jejím definováním. Jsou zde představeny její hlavní součásti a uspořádání. Dále je provedeno srovnání obdobných konvenčních a hybridních automobilů. Dalším bodem je vytvoření detailních tabulek vozidel, využívajících tuto technologii. Následně je odsimulováno hybridní vozidlo v jízdních cyklech a porovnáno s konvenční variantou pomocí řídicích strategií. V poslední části je zhodnoceno reálné testování a porovnány dosažené výsledky.

Abstract:

This diploma thesis focuses on the utilization of 48 V technology for passenger cars. The first part consists of defining this technology based on research. The next part consists of comparison between similar hybrid and conventional cars and creating detailed tables of vehicles using 48 V technology. After that we simulate hybrid vehicles in various driving cycles and compare them to conventional variants via several control strategies. The last part consists of evaluation of real tests and the comparison to simulated values.

Obsah

Čestné prohlášení	III
Poděkování	IV
1. Úvod	1
2. Hybridní vozidla	2
3. Architektura 48 V MHEV.....	4
3.1. P0.....	5
3.2. P1.....	5
3.3. P2.....	6
3.4. P3.....	6
3.5. P4.....	6
4. Hlavní součásti.....	7
4.1. Elektrický stroj a střídač.....	7
4.2. Měníč DC-DC.....	8
4.3. Baterie	8
4.4. Elektrický kompresor (e-Compressor).....	10
4.5. Elektricky vyhřívaný katalyzátor EMICAT®	11
5. Elektrická architektura.....	12
6. Řídící funkce	14
6.1. Rozběh studeného motoru (Cold engine cranking).....	14
6.2. Konvenční Start/stop systém	14
6.3. Pokročilý Start/stop systém.....	15
6.4. Výběh (Stop-in-motion, Coasting).....	15
6.5. Posunutí zátěže motoru (Engine load shift)	15
6.6. Plnění kroutícího momentu (Torque fill).....	16
6.7. Volnoběžné dobíjení (Idle charging).....	17
6.8. Rekuperace energie.....	17
6.9. Regulace řízení brzd.....	17
6.10. Creep	18
7. Vybrané ukázky 48 V vozidel	19
7.1. Dodge Ram 1500 eTorque.....	19
7.2. Audi A8 Hybrid.....	19
7.3. Range Rover Evoque.....	20
8. Databáze 48 V vozidel	21
8.1. Kategorie 1	21

8.2.	Kategorie 2	21
8.3.	Kategorie 3	21
9.	Srovnání obdobných konvenčních a hybridních vozidel	22
10.	Model	29
10.1.	Konvenční model	29
10.1.1.	ENGINE	30
10.1.2.	TRANSMISSION	31
10.1.3.	Vehicle_trat-1	32
10.1.4.	DRIVER	33
10.1.5.	ECU	33
10.1.6.	TCU	34
10.1.7.	SUPERVISORY	35
10.1.8.	Monitors	35
10.2.	Hybridní model	35
10.2.1.	BMS	35
10.2.2.	BATTERY	35
10.2.3.	EMACHINE	36
10.2.4.	ICE-BAS-Gearing-1	38
10.2.5.	SUPERVISORY	38
10.3.	Strategie řízení	39
10.3.1.	ECMS	39
10.3.2.	Strategie 1	41
10.3.3.	Strategie 2	41
11.	Trasy	44
11.1.	Trasa 1	44
11.2.	Trasa 2	45
11.3.	Trasa 3	47
11.4.	Trasa 4	48
12.	Výsledky simulací	50
13.	Reálné testování	52
14.	Závěr	53
	Seznam obrázků	54
	Seznam tabulek	55
	Seznam příloh	55
	Seznam použitých zdrojů	56
	Příloha 1	66

Příloha 2.....	69
----------------	----

1. Úvod

Automobilový trh je jedním z nejdynamičtějších a nejinovativnějších odvětví. Koncem minulého století přišel výrazný nárůst výroby automobilů, který byl zapříčiněn celosvětovou globalizací. Spolu s tím byla zvýšena poptávka a automobilový průmysl se dostal do předních pozic ekonomik moderních států. V automobilovém průmyslu je zaměstnáno v České republice podle údajů z roku 2017 více jak 120 tisíc lidí a celkově se podílí zhruba 25 % na celkovém exportu ČR. Na hrubém domácím produktu se podílí zhruba 7,5 %. Je tedy jednoznačně jeden z nejdůležitějších odvětví v ČR a také proto se v něm nové technologie objevují ve velmi rychlém tempu. [143], [144]

Existuje mnoho důvodů, proč se používané technologie neustále mění. Jedním z význačných důvodů jsou nové legislativní předpisy, kterými se musí automobilky řídit a dodržovat je. Dalším jsou vývoje nových technologií, které zlepšují efektivitu výrobků a celé výroby. V poslední době přicházejí na trh automobily, které jsou zcela elektrifikované, nebo obsahují přídavné hybridní ústrojí ke konvenčnímu spalovacímu motoru.

Ekologie je v dnešním světě jedním z nejdůležitějších faktorů. Změna klimatu a celkové oteplování planety přimělo státy a organizace brát ohled na ekologii, získávat energii z obnovitelných zdrojů a obecně méně zatěžovat přírodní podmínky. Obecně lze očekávat, že budoucnost automobilového průmyslu bude silně spojena s moderními technologiemi, kde důraz bude kladen na ekologičnost výroby a co největší ekologii při provozu automobilů. U nových automobilů budou nastavovány ještě přísnější limity pro výrobu.

Elektromobily a hybridní vozidla tak jednoznačně převzou hlavní roli v automobilovém průmyslu. Tato práce má za cíl porovnat konvenční vozidla s 48 V hybridními a dokázat zlepšení průměrné spotřeby. Pro porovnání bude provedena simulace v programu GT-Suite, a následně i v reálných podmínkách.

2. Hybridní vozidla

Vývoj hybridních vozidel je poháněn zejména dvěma hlavními faktory.

1. Účinnost – snaha o dosažení menší spotřeby paliva, a tím pádem menších emisí CO₂

V mnoha zemích světa existují normy a limity pro emise CO₂. Ty nabývají na důležitosti, neboť CO₂ přispívá ke skleníkovému efektu a ovlivňuje kvalitu ovzduší. Proto Mezinárodní rada pro čistou dopravu (The International Council on Clean Transportation (ICCT)) vydala nařízení o maximálních emisích. [1] Od roku 2021 bude v Evropské unii omezena produkce průměrných emisí CO₂ na 95 g/km. Jelikož emise přímo souvisí se spotřebou paliva, znamená to průměrnou spotřebu paliva u benzinového motoru okolo 58,8 mpg (neboli 4 l/100 km) a u naftového motoru 65,3 mpg (3,6 l/100 km).

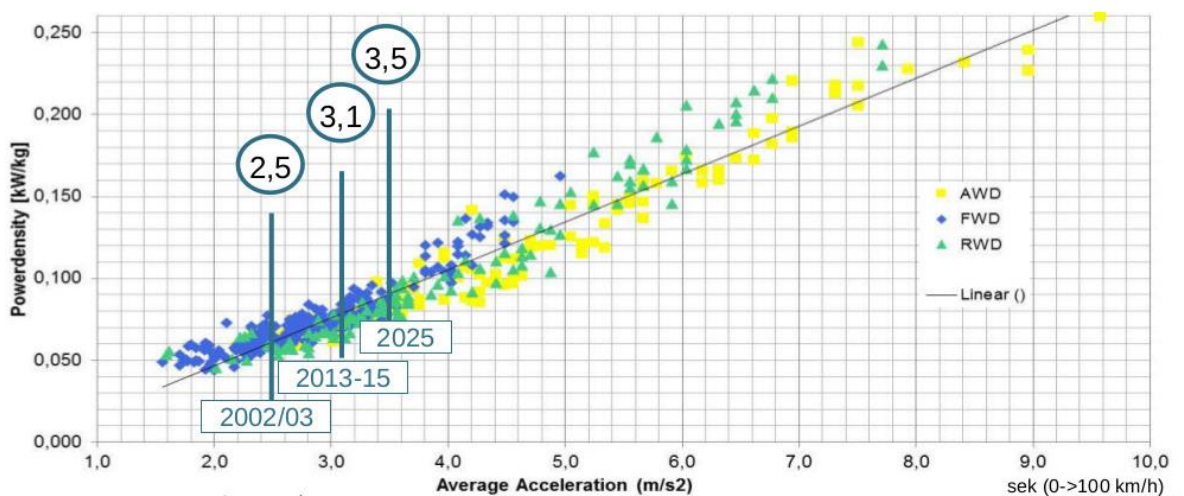
Výrobci musí dodržovat tyto nařízení a zajistit, aby průměrné emise z prodaných nových vozů byly menší nebo rovno než tyto limity. To znamená, že jednotlivé typy vozidel mohou mít emise i spotřebu větší, ale průměrná hodnota musí být v mezích limitů. Pokud výrobce překročí tyto limity, bude pokutován. Pokuta bude vyměřena podle překročení daného limitu. Za každý 1 g/km CO₂, o který překročí průměrný cíl, bude pokuta činit 95 €, vynásobená počtem registrací nových automobilů v předchozím roce. Neočekává se však, že tyto hodnoty výrobci splní, a proto už teď se předpokládají pokuty ve výši více než 20 miliard €.

[2]

Z toho plyne, že za účelem menších emisí CO₂ je potřeba, aby měl motor nižší spotřebu paliva. Způsob, jak dosáhnout splnění limitů CO₂, je udělat automobil energeticky účinnější. V tomto ohledu existují tři hlavní směry, jak toho dosáhnout.

- Redukce hmotnosti a ztrát
- Zvýšení účinnosti hnacího ústrojí
- Elektrifikace a hybridizace hnacího ústrojí

2. „Fun to drive“ – volně lze přeložit jako „zábava z řízení“, neboli rostoucí poptávka po větším výkonu vozidla. Poměr energetické hustoty hnacího ústrojí vnesené na ose y (měřeno v kW/kg) k průměrnému zrychlení vozidla ($m \cdot s^{-2}$), vnesenému na osu x, se neustále zvyšuje, viz Obr. 1.



Obr. 1: Poměr en. hustoty k prům. zrychlení [3]

Zákazníci tudíž očekávají od nových vozidel zejména

- zvýšený výkon,
- okamžitou reakci,
- silnou podporu výkonu a kroutícího momentu (boost) (většinou pomocí turbodmychadla).

Elektrický motor je díky své rychlé odezvě točivého momentu ideálním kandidátem na splnění těchto požadavků. V kombinaci se spalovacím motorem může poskytovat silnou podporu kroutícího momentu a jeho případné rychlé navýšení k výraznému zvýšení dynamického výkonu hnacího ústrojí.

Hybridní vozidlo je dle své definice: Vozidlo vybavené nejméně dvěma zdroji energie, z nichž alespoň jeden musí být dobíjitelný/doplňovatelný. [4]

Lze tedy definovat hybridní vozidlo, ale většina zdrojů nám poskytuje neúplné definice. Při pohledu na různé typy hybridů musíme tedy zvážit tyto klíčové vlastnosti.

- Možný výkon elektrického stroje (např. 15 kW), jmenovitý či špičkový
- Napětí baterie (např. 48 V)
- Úspora spotřeba paliva/ CO₂
- Funkce zajištěné elektrickým strojem (např. zvýšení momentu)

MHEV (Mild-hybrid) je zatím nejlevnější a nejdostupnější variantou hybridního vozidla. Je blíže definován kombinací výše zmíněných klíčových aspektů. Zároveň není schopen jet čistě na elektrickou energii, s výjimkou krátkých manévrů jako např. parkování.

Dle společnosti Continental se MHEV vyznačuje nejčastěji parametry:

- Dostupný elektrický výkon mezi 5-13 kW
- Baterie 12 V, 48 V
- Spotřeba paliva/ CO₂ úspora až 22 % (v porovnání s konvenčním vozidlem, pozice P2) [5]

Dalším hlavním faktorem, který ovlivňuje hybridizaci vozidel, je cena. Vzhledem k tomu, že potřebné elektrické komponenty jsou dražší, úroveň hybridizace se většinou řídí typem vozidla. Levnější automobily, zaměřující se především na nízkou cenu, budou mít menší hybridizaci, v důsledku čehož dojde k nejmenšímu ovlivnění konečné ceny.

V dnešním MHEV trhu je více napěťových úrovní. Mezi nejčastější patří 12 V, 48 V a poté napětí mezi 120-160 V. Trendem je zaměřování na 48 V řešení, které se stává standardem pro pojem MHEV. Lze definovat 3 hlavní druhy u vozidel MHEV. Dle způsobu připojení elektrického stroje se dělí na:

- BiSG (Belt integrated Starter Generator) – připojení pomocí řemenu k motoru
- CiSG (Crankshaft integrated Starter Generator) – připojení ke klikovému hřídeli
- TiMG (Transmission integrated Motor Generator) – připojení k převodovce nebo do převodové skříně

Typ TiMG má nejvyšší flexibilitu přídatných řídicích funkcí jako např. Start/stop systém a nejvíce se tedy podobá plně hybridnímu vozidlu. Plně hybridní vozidlo (Full Hybrid) je vozidlo vybaveno dvěma zdroji energie, může jet samostatně na každém z nich, nebo je kombinovat.

48 V MHEV má čtyři hlavní složky

- Elektrický stroj (BiSG, TiMG, CiSG)
- Měnič (Střídač) (obvykle integrovaný do el. stroje)
- DC-DC převodník

- Baterie (48 V)

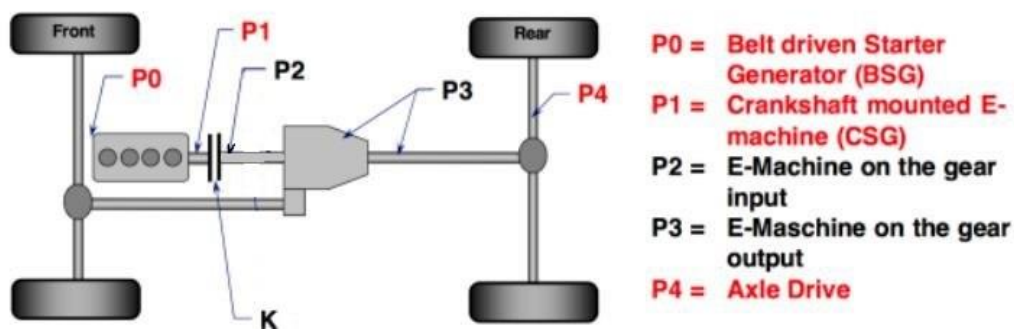
Pro minimalizaci nákladů při integraci 48 V hybridního systému by měl být dopad na architekturu vozidla a převodovky co nejmenší. K zavedení systému BiSG je potřeba nejméně změn, a proto je to nejlevnější varianta dané hybridizace. I proto se očekává, že MHEV ve verzi BiSG vozidla budou představovat největší podíl na trhu ze všech hybridních a elektrických vozů.

3. Architektura 48 V MHEV

Architekturou (někdy označováno jako topologie nebo konfigurace) rozumíme umístění hlavních komponent hybridního systému. Jelikož jediné mechanické spojení mezi elektrickým systémem a zbytkem vozidla je provedeno pomocí elektrického stroje, je architektura jednoduše zavedena jako pozice elektrického stroje a jeho typ spojení s hnacím ústrojím/pohonnou jednotkou (vícedrážkový klínový řemen, řetěz, přímo na ose, ozubení).

[6]

V současné době lze elektrický stroj umístit na 5 hlavních uzlů, viz Obrázek 2. Červeně zvýrazněné pozice jsou nejčastěji používané.



Obr. 2: Hlavní uzly elektrického stroje [6]

P0 – Elektrický stroj je spojen s ICE pomocí řemene na hlavním rozvodu

P1 – El. stroj je spojen přímo s klikovým hřídelem ICE

P2 – El. stroj je pomocí spojky integrován mezi ICE a převodovku

P3 – El. stroj je připojen s převodovkou nebo integrován do převodové skříně

P4 – El. stroj je připojen na zadní nápravu vozidla a je umístěn v rozvodovce zadní nápravy nebo v náboji kola

K – značí spojku mezi spalovacím motorem a převodovkou

Za dominantní pozici lze jednoznačně zvolit pozici P0, která se vyskytuje u většiny vozidel, jak lze také vidět v detailních tabulkách vozidel (Příloha 2). Pozice P1 se vyskytuje jen u několika automobilek, dříve byla využívána automobilkou Honda (např. Honda Insight), později ji využíval Mercedes (Mercedes-Benz S400). Pozice P2-P4 jsou pro 48 V hybrid netypické, jejich uplatnění je především pro hybridní vozy s vícenásobně vyšším napětím.

[7]

Lze si všimnout že architektury P0 a P1 mají elektrické stroje na straně motoru a neumožňují možnost mechanického odpojení. To dělá rekuperaci méně účinnou, jelikož zde vznikají větší ztráty momentu. Na druhou stranu konfigurace P2 - P4 mají možnost odpojit ICE a to například pomocí spojek při čistě elektrické jízdě nebo při rekuperačním brzdění. Jsou také lepší v účinnosti toku energie, zejména díky jejich umístění.

3.1. P0

= *BiSG (Belt integrated Starter Generator)*

(dle různých automobilek značeno také jako BGS, BSG, BSA, BAS, MHSG, RSG)

Tato topologie je nákladově nejvhodnější díky malému dopadu na stávající architekturu vozidla. Nejjednodušší způsob spočívá v integraci 48 V stroje do již existujícího příslušenství hlavního rozvodu výměnou za 12 V alternátor. V tomto typu nelze ICE oddělit, je mechanicky spojen, nejčastěji pomocí vícedrážkového klínového řemenu. V tomto zapojení se dají na elektromotor připojit zlepšující funkce komfortu vozidla jako je start/stop systém. Kompresor klimatizace bude mít s největší pravděpodobností svůj motor. Dle firmy Continental je při této architektuře možné snížení emisí CO₂ 13-21 %. [5]

Architektura P0 má výrazný dopad na konstrukci řemenového pohonu. Musí být zvýšena životnost řemenů kvůli vyšším momentům a častějšímu zapínání/vypínání. Díky řemenu lze

- Zvýšit mechanické napětí během boost módu (moment z el. stroje na motor)
- Zvýšit mechanické napětí během rekuperace (moment z motoru na el. stroj)
- Snížit napětí během normální jízdy (kvůli nižším třecím ztrátám)

Dále má konstrukce řemenového pohonu vliv na hluk, vibrace motoru a na životnost hlavních ložisek klikového hřídele. V současné době většina automobilek používajících BiSG nechává konvenční 12 V startér (což se potvrdilo při hledání informací a vytváření detailní tabulky vozidel). Důvodem je start studeného motoru, který obzvláště po dlouhé době bez provozu, potřebuje vysoký točivý moment el. stroje (zejména kvůli vysokému tření v motoru). Toto je limit pro BiSG, jelikož velikost přenesitelného momentu je omezena mezí prokluzu řemenu. S vylepšenými vlastnostmi klínového řemenu a jeho zvýšené odolnosti může být 12 V startér vyjmut a všechny jeho funkce být nahrazeny 48 V strojem. To ovšem také závisí na vlastnostech daného elektromotoru, zejména na jeho kroučícím momentu. [8], [9]

3.2. P1

= *CiSG (Crankshaft integrated Starter Generator)*

Architekturu P1, která je založena na přímém spojení el. stroje s klikovým hřídelem, jako první začala využívat automobilka Honda v její první generaci technologie IMA (Integrated Motor Assist)

Elektromotor funguje během zpomalování vozidla jako generátor a také jako setrvačnický, a naopak jako startér a v případě prudké akcelerace jako pomocný motor pro hlavní spalovací motor. Jednou z největších výhod tohoto uspořádání je fakt, že elektromotor může dodávat větší kroučící moment než u uspořádání BiSG (P0). Zároveň se mírně zvýší účinnost, jelikož zmizí řemenový pohon a s ním spojená účinnost řemenového spoje. Nicméně, integrace tohoto systému je složitější oproti předchozímu řešení. Funkce, které můžeme najít u konfigurace P1 jsou obdobné jako u P0, ale tato konfigurace má dvě hlavní nevýhody.

- Vyšší náklady

- Větší zásah do existující architektury vozidla

Proto se CiSG pro aplikace MHEV nevyužívá s takovou mírou jako P0.

[10]

3.3. P2

V pozici P2 je el. stroj umístěn mezi spojkou a převodovku, případně na vstupu do převodovky. Např. společnost Borg-Warner nabízí umístění přímo na osu za spojkou. [7]

Hlavní výhodou tohoto uspořádání je zvýšený potenciál rekuperační energie a schopnost přidavných hybridních funkcí. Mezi ty se řadí například elektrický creep (podrobněji viz kapitola 5.10) nebo rekuperace energie během dojíždění. Lze již také využít odpojení ICE a jet tedy pouze na elektromotor. Firma Continental uvádí, že maximální rychlost pouze na elektromotor může být až 50 km/h, což stačí pro jízdu ve městech. Uváděný potenciál snížení emisí CO₂ je až 22 %

Nevýhodou je v tomto případě vyšší cena integrace systému. Jak však bylo uvedeno v úvodu kapitoly 2, toto provedení se nevyužívá pro 48 V systémy.

3.4. P3

V uspořádání P3 je elektromotor připevněn k převodovce, a to na výstupním hřídeli, někdy v rozděleném kardanu (XL přestavby). Ve srovnání s ostatními pozicemi má (spolu s P4) nejvyšší možný potenciál rekuperační energie, jelikož nejsou brány v úvahu ztráty motoru a převodovky při odpojení hnací soustavy. Kvůli umístění za převodovku je zde potřeba elektrický stroj s vyšším momentem. Stejně jako u pozice P2, toto provedení se nevyužívá pro 48 V systémy.

3.5. P4

P4 obsahuje motor umístěný buď na rozvodovce zadní nápravy nebo přímo v nábojích kol. Stejně jako pozice P3, tak i P4 potřebuje elektromotor s vyšším momentem, jelikož už není násoben převodem v převodovce. Tato topologie také dovoluje pohon vozidla s pohonem 4x4. Toho je docíleno tak, že přední náprava může být poháněna pomocí ICE a zadní náprava je poháněna elektromotorem. Obdobně jako P2 a P3, toto provedení se nevyužívá pro 48 V systémy. [5], [132], [133], [134]

Vzhledem k tomu, že pozice P2-P4 jsou umístěny na straně jízdního ústrojí, je pro případné doplnění o funkci start/stop potřeba dalšího elektromotoru, připojeného k motoru. Tato funkce může být doplněna buď pomocí obyčejného zesíleného 12 V startéru nebo v kombinaci s BiSG (P0) a to buď 12 V nebo 48 V.

Firma Valeo pracuje na upevnění svého postavení mezi výrobci elektrických systémů. Jejich řešení 48 V elektrifikované hnací soustavy může být aplikováno napříč všemi segmenty vozidel, a to jak u vznětových, tak zážehových motorů. Na autosalonu v Paříži, v roce 2016, představili svůj MHEV systém nazvaný e4Sport, nové řešení pro zvýšení dynamického projevu vozidla při současném snížení CO₂ emisí. [11]

Toto řešení sestává z několika hlavních částí – BiSG, elektrický kompresor, elektrický pohon zadní nápravy (ERAD), baterie 48 V, DC-DC převodník. Tento výrobek rekuperuje maximální možný objem brzděné energie a uchovává ji do 48 V baterie pro následné užití jako je např.

- Zvýšení momentu motoru
- Zvýšení výkonu motoru během akcelerace a boost mód pomocí kompresoru

- Jízda v čistě elektrickém módu, a při nízké adhezi se připojí zadní náprava (ERAD), čímž se změní vozidlo na pohon všech kol

Z těchto poznatků můžeme vyčíst že:

- první hybridní systémy byly P1, nyní jsou však doplňovány zbylými architekturami či jejich vzájemnou kombinací
- nejčastější a nejpoužívanější architekturou je nyní P0, připojení pomocí klínového řemenu
- jako nejefektivnější se jeví kombinace P4+P0, díky jejím větším přínosům v ohledech snižování CO₂ emisí a vyšší účinnosti
- dominantním napětím se předpokládá 48 V, a to díky své výhodě bezpečného napětí (menší než 60 V) [8]

Z detailní tabulky vozidel (Příloha 2) je zřejmé, že největší podíl má architektura P0, což je ve shodě s výše zmíněným bodem.

4. Hlavní součásti

V této kapitole budou detailněji probrány hlavní komponenty 48 V Mild-hybridního vozidla, zde bude popsán systém a jednotlivé prvky, které využívá firma Continental. [12]

48 V hybridní vozidlo s hybridním pohonem je tvořeno několika základními prvky a to:

- elektrický stroj
- AC-DC usměrňovač
- DC-DC měnič
- Baterie
- Další přídatné prvky

Přidáváním více elektrických spotřebičů do 48 V sítě umožňuje zlepšování spotřeby paliva a jízdních vlastností vozidla. V závislosti na aplikaci vozidla mohou být na síť napojeny tyto komponenty:

- Olejové čerpadlo
- Ventilátor
- Pumpa oleje převodovky
- Vodní pumpa
- Kompresor klimatizace
- Kompresor přeplňování motoru
- Z tabulky (Příloha 2) je dále vidět např. audiosystém, posilovač řízení, infotainment atd.

Vyšší napětí baterie a kapacity nám poskytuje možnost zlepšení technologií pro dodatečné úpravy výfukových plynů. Jedním z příkladů může být elektricky vyhřívaný katalyzátor EMICAT® [13]

4.1. Elektrický stroj a střídač

V této době je nejvíce používaná architektura P0 (viz Příloha 2), ve které je elektromotor umístěn v hlavním rozvodu a zastupuje tak alternátor. BiSG generátor může být jak asynchronní, tak synchronní stroj a má integrovaný měnič se dvěma funkcemi:

- Motor (M) – poskytovat moment hnacímu ústrojí
- Generátor (G) – produkovat elektřinu

Dle specifikací, BiSG může produkovat 4-10 kW jmenovitého výkonu a až 14 kW při špičce. Maximální moment na klikový hřídel je okolo 60 Nm, po znásobení řemenového poměru může být až 160 Nm.

Z tabulek (Příloha 2) vyplývá nejčastější hodnota kroutícího momentu mezi 15-55 Nm. Nejčastější výkon elektromotoru se pohybuje mezi 8-10 kW.

Většina 48 V startérů/generátorů jsou 3-fázové střídavé stroje s integrovaným měničem. Ten vykonává dvě zásadní role:

- Střídač -> převod stejnosměrného proudu z baterie na střídavý pro napájení el. stroje ve funkci M
- Usměrňovač -> převod generovaného střídavého napětí z el. stroje ve funkci G na stejnosměrný, který je uchováván do baterie

Střídač a el. stroj jsou pro snazší manipulaci vloženy do jednoho pouzdra (proto nejsou zapotřebí žádné externí kabely mezi střídačem a strojem). Chlazení může být prováděno buď pomocí okruhu chladicí kapaliny, nebo pomocí ofukování vzduchem. Vodou chlazený el. stroj může dosahovat vyšších hodnot než vzduchem chlazený el. stroj. [15], [16]

4.2. Měnič DC-DC

48 V MHEV obsahuje dvě elektrické sítě. Jednak nízkonapěťovou síť (12 V) a jednak vysokonapěťovou (48 V). (vysokonapěťové v porovnání s 12 V, proti např. 160 V je napětí 48 V nízké). Elektrická energie může být produkována jen 48 V el. strojem, proto potřebujeme DC-DC převodník, který nám bude transformovat energii z vysokonapěťové sítě na nízkonapěťovou a obráceně. Měnič může pracovat buď v módu Step down (Buck-mód), kdy mění z vyššího napětí na nižší (48->12) nebo v módu Step up (Boost mód), kdy mění z nižšího na vyšší (12->48). V MHEV aplikacích pracuje měnič většinu času v Step down módu. Ukázkové hodnoty typického DC-DC měniče, užívaného v automobilovém průmyslu, jsou uvedeny níže:

- Trvalý výkon v režimu Buck: do 3kW
 - Trvalý proud: 215 A (Buck mód), 58 A (Boost mód)
 - Účinnost: >95 %
 - Vstupní napětí (Buck mód): 24-54 V
 - Výstupní napětí (Buck mód): 6-16 V
- [14]

Dle tabulek (Příloha 2) je výkon zjistitelných převodníků 3kW.

4.3. Baterie

48 V baterii lze považovat za jádro Mild-hybridů. Napájí, či v jiném případě je nabíjena kombinovaným startérem/generátorem. Převodník stejnosměrného proudu (DC-DC) převádí napětí z této baterie na 12voltový obvod, který je potřebný pro elektrický systém celého vozidla, jelikož je zachována konvenční 12 voltová baterie. Mezi jednu z její výhod patří bezesporu fakt, že díky snadné integraci do stávajícího konceptu vozidel, ji lze považovat za velmi dobrou komponentu v poměru cena-efektivita.

Díky tomuto poměru firma Bosch předpokládá, že mezi roky 2020 a 2025 vzroste roční podíl nových MHEV vozidel (osobních i lehkých užitkových) z 5 na 20 procent. V roce 2025 má být 95 procent všech vyráběných mild-hybridů vybaveno 48 V systémem. [17]

Jedním z největších přínosů 48 V systému je jeho podíl na snižování emisí CO₂. To znamená jednak zlepšení průměrných emisí automobilek, kvůli emisním normám, které musí dodržovat, ale

zároveň i spotřebitelům, neboť to v praxi znamená nižší spotřebu jejich vozidel. Toto snižování je velkou částí způsobeno rekuperací energie, která se u běžného automobilu rozptýlí jako přebytečné teplo při brzdění vozidla. U mild-hybridů se část této energie využije k pohonu generátoru, který nabíjí 48 V baterii.

Ze srovnávacích tabulek (Příloha 2) je zřejmé, že hlavním faktorem jsou emise CO₂, které nám vyšly nižší o cca. 4,96 %. Nižší spotřeba se projevuje zejména u městského provozu, u mimoměstského už není tolik znatelná.

Takto získaná energie se dále dá použít dvěma způsoby. Zaprvé pro napájení elektrického systému vozidla a zadruhé, prostřednictvím kombinovaného startéru/generátoru, pro zajištění přídatného kroutícího momentu, který se použije k pohonu vozidla. Tímto způsobem lze odlehčit pracovní zátěž spalovacího motoru a omezit či zcela eliminovat práci v režimech s nízkou účinností a tím pádem snížit jeho spotřebu paliva. Další úspory paliva a emisí CO₂ lze docílit začleněním systému Start-stop.

Mimo jiné lze na 48 V baterii připojit spotřebiče zvyšující jízdní komfort, které spotřebovávají více energie. Jako příklad lze uvést elektricky ovládané stabilizátory nebo klimatizaci. Viz Příloha 2. Budoucí generace vozidel budou s největší pravděpodobností silně závislé na 48 V systémech, neboť toto vyšší napětí bude potřebné pro tvorbu potřebného výkonu pro řídicí procesory.

I přes výhody baterie lze najít i nevýhodu, která je zřejmá. Je to totiž další komponenta, která se musí připojit k už tak složité architektuře vozu, kde volné místo je minimální a každý nadbytečný gram a milimetr jsou kritické. Proto je snaha u moderních 48 V baterií o jejich kompaktnost, jak v ohledu hmotnostním, tak i rozměrovém, které zaručují větší flexibilitu při výběru místa instalace.

Nejnovější baterie mají rozměry, jejichž výška bývá už i pod hranicí 100 mm. Kvůli vysoké hustotě energie mohou být lithium-iontové články velmi teplé. Jako ochrana proti poškození snižují konvenční články při cca. 60 °C automaticky svůj výkon. Proti této vlastnosti jsou některé baterie vybaveny aktivním chladícím oběhem kapaliny, který pomáhá udržovat teplotu v přijatelném rozsahu tak, aby ochrana nemusela tak často zasahovat a snižovat tak výkon baterie. Jiné mohou být vybaveny tzv. pasivním chlazením, které využívá své konstrukce (správné a účinné žebrování) v blízkosti baterie a tím pádem zaručuje automatický odvod tepla během provozu baterie. Vzhledem k faktu, že pasivní chlazení funguje bez jakýchkoli dalších součástí a komponent, snižuje tento způsob potřebný prostor pro instalaci, zároveň snižuje i náklady a hmotnost.

U baterií s aktivním okruhem chlazení se část energie získané při rekuperaci používá pro napájení chladícího systému. U pasivního chlazení lze takto získanou energii rekuperací celou využít pro zvýšení výkonu a tím pádem většího snížení emisí. I pasivní chlazení má však své nevýhody, zejména omezení výkonu při vyšších teplotách. Proto je možné, že nastane případ, kdy baterie s aktivním chlazením bude efektivnější nežli s pasivním, jelikož ta bude mít omezený výkon kvůli horšímu odvádění tepla, a tudíž rychlejšímu přehřívání. Články baterie bývají zapouzdřovány do plastového obalu (tzv. sáčkové) Tento způsob má mnoho výhod. Mezi hlavní patří relativně nízká výrobní cena a jeho snadné přizpůsobení složitým formám a tvarům. Zároveň poskytuje ochranu z vnějšího prostoru a je dostatečně pevný a robustní, aby vydržel neustálé smršťování a rozšiřování článků, ke kterému dochází během nabíjení a vybíjení po celou dobu životnosti baterie. Na druhou stranu má i nevýhodu, a to vyšší zahřívání, jelikož je obal uzavřený.

[17], [134]

Z tabulek (Příloha 2) lze vidět, že nejčastější kapacita Li-ion baterie se pohybuje okolo 10 Ah. Mezi nejužívanější místa instalace patří umístění v zavazadlovém prostoru, případně pod ním, další instalace lze pak najít pod sedadly nebo pod podlahou vozidla. Chlazení baterie bývá vzduchem, to lze přičíst snazší instalaci, jelikož není nutné vytvářet nový samostatný okruh pro kapalinné medium (rozdílný než okruh pro chlazení SM).

Na Obrázku 3 lze vidět parametry dalších dostupných 48 V baterií.

výrobce		A123 systems	A123 systems	Hitachi	Hitachi	Powerbrick+	Powerbrick+	Powerbrick+	Bosch
název		Ultraposphate™	Ultraposphate™						AABC
typ		Lithium-ion	Lithium-ion	Lithium-ion	Lithium-ion	LiFePO ₄	LiFePO ₄	LiFePO ₄	Lithium-ion (NMC)
počet článků		14	14	12	12				12
kapacita	[Ah]	8	6	8	5,5	25	61	72	8
konfigurace		14S1P	14S1P			26650-16S8P	26650-16S19P	26650-16S19P	12S1P
váha	[kg]	<8	<7	8	5	12,6	30,4	31,2	6
rozměr 1	[mm]	304	304	300	280	260	500	520	309
rozměr 2	[mm]	96	92	90	100	168	239	239	175
rozměr 3	[mm]	180	180	175	175	212	217	217	90
provozní napětí	[V]	24-54	24-54	48	33-51	51,2	51,2	51,2	51,2
rozsah stavu nabití	[%]	30-80	30-80						
provozní teplota	[°C]	-30 až +65	-30 až +65			-20 až +60	-20 až +60	-20 až +60	-40 až +75
teplota skladování	[°C]	-40 až +65	-40 až +65			0 až +50	0 až +50	0 až +50	
10s vybití	[kW]	15,0	13,0	12	10	5,12	6,1	6,57	11
10s nabíjení	[kW]	16,0	14,0	15	13			3,6	13
60s vybití	[kW]	7,5	6,0						
60s nabíjení	[kW]	9,0	6,5						
použitelná energie	[Wh]	>180	138			1280	3120	3690	
chlazení		pasivní	pasivní	pasivní	pasivní				pasivní

Obr.3: Parametry dostupných 48 V baterií

Jelikož baterie PowerBrick+ lze vybití na skoro nulovou hodnotu, lze jich využít k nahrazení olovených baterií až dvojnásobných kapacit. Např. PowerBrick+ 61 Ah je doporučena k nahrazení 100Ah AGM olovené baterie. [141]

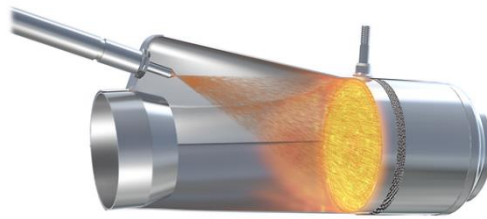
4.4. Elektrický kompresor (e-Compressor)

Automobily s přeplňovanými motory mají tzv. „turbo lag“, což je prodleva odezvy v akceleraci od momentu kdy řidič sešlápně pedál akcelérátoru. Je způsoben setrvačností sacích/výfukových plynů a rotoru kompresoru. 48 V síť nabízí možnost užít elektrický kompresor, který má rychlejší odezvu než konvenční turbodmychadla. Společnost Continental vyrábí svůj e-kompresor, který je vhodný právě pro MHEV vozidla. E-kompresor vylepšuje celkovou odezvu točivého momentu motoru a charakteristiku momentu v nízkých otáčkách, což způsobuje možnost dalšího zmenšování motorů. Hlavní parametry e-kompresoru poskytovaného firmou Continental jsou vypsány níže: [18]

- Elektromotor: synchronní stroj s permanentními magnety
- Napájecí napětí: 48 V
- Výkon ve špičce: 5 kW
- Maximální otáčky: 70 000 min⁻¹
- Doba odezvy t₉₀: méně než 0,25 s (t₉₀ představuje čas k dosažení 90 % požadované rychlosti)
- Chlazený vodou
- Integrovaná elektronika s rozhraním CAN (sběrnice využívaná v automobilovém průmyslu)
- Ložiska navržena pro vysoké otáčky
- Konstrukce pro specifické aplikace (lze přizpůsobit pro rozdílné specifikace motoru)

4.5. Elektricky vyhříváný katalyzátor EMICAT®

ICE vyžaduje dodatečné úpravy spalín pro dosažení emisních standardů výfukových plynů (Euro 6, SULEV). [19],[20]



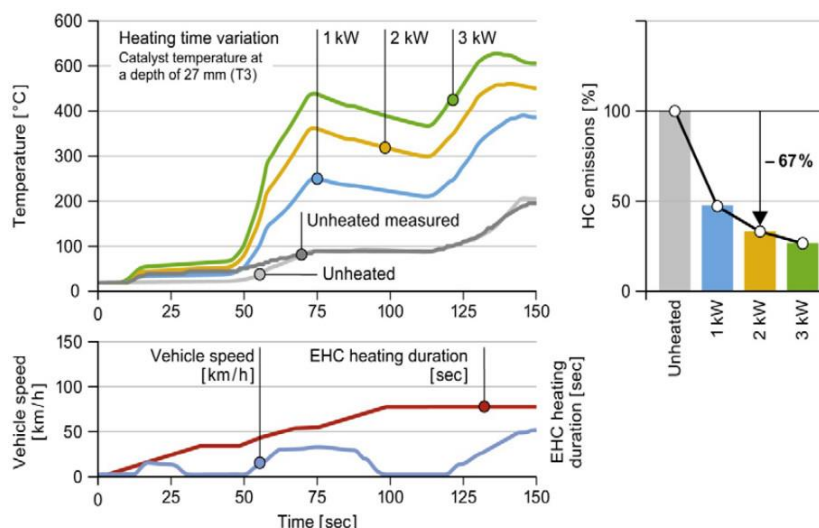
Obr.4: Katalyzátor Emicat® [13]

Pro tuto úpravu je velmi často užíváno katalyzátorů. Jednou z jejich nevýhod je však potřeba dosáhnout vysoké teploty pro dosažení účinného provozu. U třicestného katalyzátoru, který je využíván v zážehových motorech, je nejnižší teplota (light-off), při které už začíná efektivní přeměna, okolo 300 °C. Nejvyšší účinnosti pak dosahují při jmenovité teplotě, která se pohybuje od 400 °C do 800 °C. Pro co největší snížení emisí by měl být schopen katalyzátor co nejrychleji dosáhnout své light-off teploty. Hybridní vozidla zhoršují tuto situaci, vzhledem k jejich častému start/stop systému, a tudíž následnému chladnutí vzduchu. Proto je katalyzátor EMICAT® od firmy Continental navržen tak, aby během velmi krátkého času byl schopen rozžhavit katalyzátor. Tato technologie umožňuje opakované a prodloužené fáze s vypnutým motorem, čímž se opět sníží škodlivé emise. Může být integrován jak do vznětového, tak zážehového motoru vozidla, navíc jím mohou být vybaveny i těžké stroje ve speciálních aplikacích.

Hlavní charakteristiky systému EMICAT® jsou:

- Provozní napětí: 12 V, 24 V nebo 48 V
- Jmenovitý výkon pro 12 V: 0,3 - 3,6 kW
- Jmenovitý výkon pro 24 V: 1 - 4 kW
- Jmenovitý výkon pro 48 V: 2 - 4 kW
- Průměr (v závislosti na vozidle): 50 - 342 mm

[13]



Obr.5: Charakteristiky různých vyhříváných a nevyhříváných katalyzátorů [21]

Z Obrázku 5 výše je patrná teplotní odezva a redukce emisí uhlovodíků (HC), dále funkce vyhříváného katalyzátoru oproti normálnímu (Unheated). Barevně jsou zde označeny různé výkonosti.

Nejlepší výsledek je zde dosažen pro výkon 3 kW. Tento systém tedy přináší několik bonusů do dodatečné úpravy spalín, a to např. rychlejší dosažení tzv. light-off teploty katalyzátoru, jeho pozvolnější chladnutí během start/stop fází, snížení ceny díky snížení použití vzácných kovů (např. platina), lepší odpar kapalin ve výfukovém vedení, lepší katalytická redukce při nízkých teplotách a další. U výkonu 2 kW je značeno zlepšení až 67 %. Na spodním grafu je pak zobrazena závislost času potřebného k zahřátí na potřebnou teplotu. [22]

5. Elektrická architektura

Základní architektura základního 12 V vozidla sestává z:

- Zdroj energie (baterie)
- Startér
- Alternátor
- Několik zátěží

Baterie má za úkol zásobit všechny potřebné elektrické systémy během startu motoru, což zahrnuje startér, systém zapalování, systém vstřikování paliva, několik kontrolních systémů, bezpečnostní zařízení, svícení a další elektrické vybavení. Startér může být také považován za zátěž, neboť spotřebovává elektrickou energii během fáze nastartování motoru. Poté, co je motor nastartován a běží samočinně, alternátor musí dodávat energii potřebnou pro všechna zařízení a zároveň dobíjet baterii. V závislosti na provozních podmínkách se mění odebíraný proud z baterie, což je ukázáno v tabulce 1.

Stav vozidla	Odebíraný proud z baterie [A]
Stání s vypnutým motorem	0,01-0,05 (např. pro hodiny, alarm, zamykání pomocí dálkového klíče...)
Stání s volnoběžnými otáčkami (nebo pomalá jízda)	20-70
Start motoru	300 (pro 0,3 - 3s) se špičkou až 1000 A

Tabulka 1: Odebíraný proud z baterie [22]

Čím nižší je teplota motoru během startu, tím vyšší je třecí moment a tím vyšší musí být proud z baterie. Proto může být proud při startu okolo 600 A, v některých případech až 1000 A. Pro ukázkou, kdyby během startu bylo napětí baterie $U=12$ V a potřebný proud $I=410$ A, tak elektrický výkon bude

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 410 = 4920 \text{ W} = 4,92 \text{ kW} \quad (1)$$

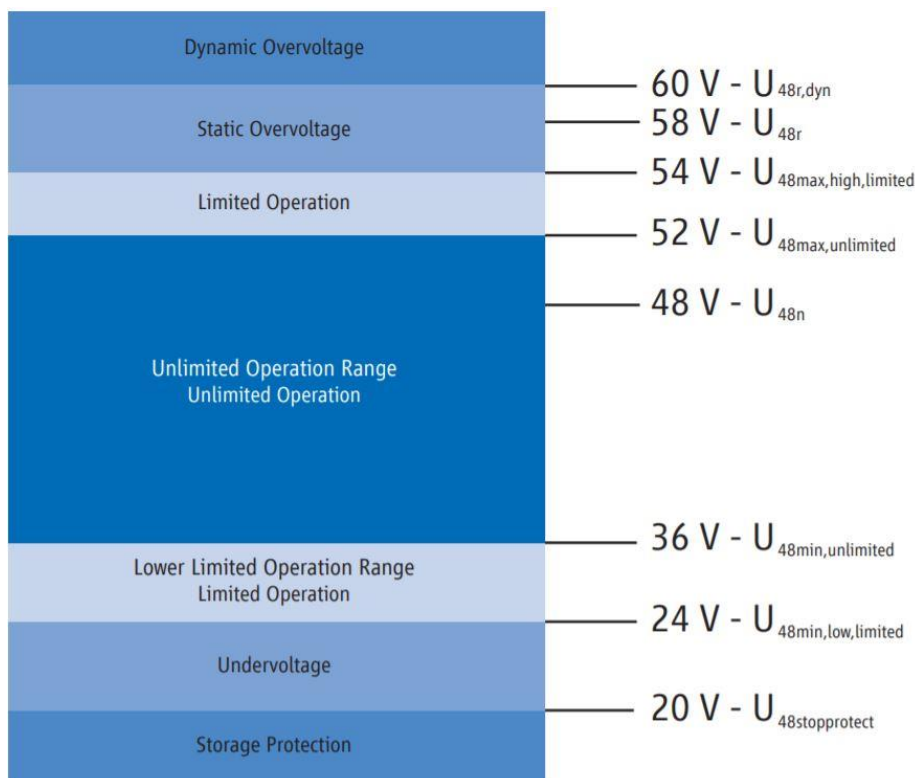
Kdybychom ten samý výkon měli poskytnout z 48 V sítě, potřebný proud z baterie bude

$$I = \frac{P}{U} = \frac{4920}{48} = 102,5 \text{ A} \quad (2)$$

Jak je vidět, 48 V síť nám poskytne stejný výkon, a to s výrazně nižším proudem. To znamená, že vodiče mohou mít menší průměr a ztráty, které jsou závislé na proudu, budou také nižší. Je zřejmé, že čím vyšší je napětí systému, tím vyšší může být výkon a účinnost. Na druhou stranu, vyšší napětí může způsobit elektrický úraz, jako např. šok. Napětí pod 60 V jsou však považována za bezpečná a nevyžadují speciální školení v porovnání s 12 V systémem. Proto 48 V systémy nepřidávají nebezpečí

úrazu pro výrobce a zároveň poskytují benefity v oblasti zvýšení výkonu, účinnosti a nižší hmotnosti. Německá asociace automobilového průmyslu (VDA – Verband der Automobilindustrie) definovala normu (VDA 320) pro elektrické systémy s 48 V napájením. [22], [23], [24]

Tato norma také definuje rozsahy napětí pro tyto systémy.



Obr. 6: Rozsahy napětí [25]

Rozsah mezi U_{48r} a $U_{48r,dyn}$ představuje toleranci.

Horní pracovní limit: Napětí mezi $U_{48max,unlimited}$ a $U_{48max,high,limited}$ je určeno pro kalibraci a pro absorpci obnovené energie.

Neomezený pracovní rozsah: Rozsah mezi $U_{48min,unlimited}$ a $U_{48max,unlimited}$ umožňuje komponentám pracovat bez omezení.

Spodní pracovní limit: Systém může pracovat pouze dočasně v mezích od $U_{48min,low,limited}$ do $U_{48min,unlimited}$. Měla by být zavedena protiopatření k vrácení do oblasti neomezeného pracovního rozsahu.

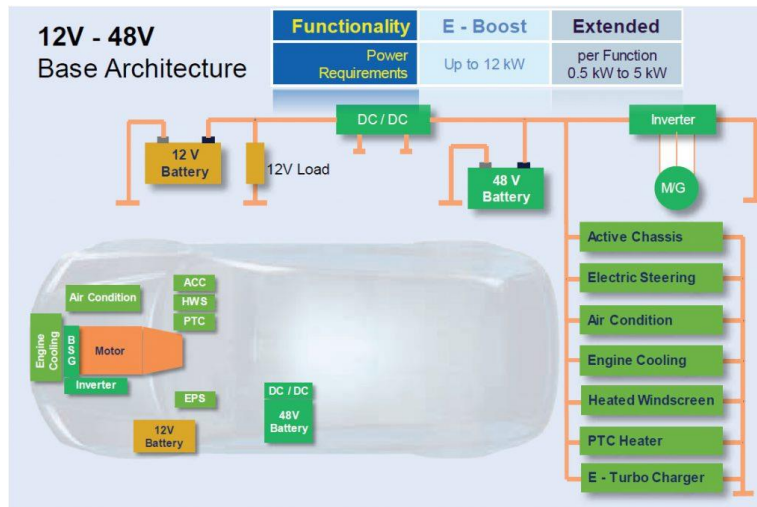
Podpětí: Všechna napětí pod hranicí $U_{48min,low,limited}$ jsou definována jako podpětí.

Ochranné napětí pro skladování: Všechna napětí pod $U_{48stopprotect}$.

[25]

Maximální napětí (60 V) je nejvyšší možné pro lidskou obsluhu bez speciálního školení s ohledem na el. šok. Proto není systém klasifikován jako vysoké napětí. Standardní 48 V napětí je, pro zdravého člověka, považováno za bezpečné.

MHEV vozidlo, jak již bylo zmíněno, obsahuje dvojitou elektrickou síť, 12 V je spojena pomocí převodníku na 48 V. Hlavním rozdílem je ztráta funkce 12 V alternátoru, jelikož jeho funkci přebírá 48 V el. stroj. Důvody, proč se však nadále používá 12 V startér, jsou dva. Zaprvé, pro start motoru při nízkých teplotách, a zadruhé zajišťuje v případě poruchy 48 V systému funkci start/stop.



Obr.7: Schéma architektury 12 V - 48 V [26]

Na Obrázku 7 je zobrazeno schéma architektury 12 V-48 V. V zeleném sloupci napravo jsou vyjmenovány některé funkce, které jsou napojeny na 48 V síť. Mezi ně patří např. klimatizace, vyhřívaná skla nebo posilovač řízení. Z tohoto obrázku je také patrné časté umístění jednotlivých komponent, lze vidět umístění baterie pod sedačkami. [22]

6. Řídící funkce

Následující funkce nejsou závislé na umístění hybridní architektury.

6.1. Rozběh studeného motoru (Cold engine cranking)

ICE má mechanické komponenty, které se mezi sebou pohybují relativními rychlostmi. Tření mezi těmito prvky je zmírněno díky mazacímu ústrojí. Když je motor v chodu, je olejový film mezi prvky a snižuje tak jejich tření. Čím nižší je teplota oleje, tím vyšší je jeho viskozita, tím vyšší je koeficient tření a tím vyšší je potřebný kroutící moment pro nastartování. Další faktor, který má vliv na tření, je tloušťka olejového filmu. Při stání motoru je olej vypouštěn do olejové vany a tloušťka filmu mezi komponentami je minimální. Proto při prvním spuštění, po dlouhém zastavení motoru, je tření mezi jednotlivými mechanickými částmi relativně vysoké. Kombinovaný efekt výše zmíněných vlivů vyžaduje vysoký startovací moment pro kompenzaci tření. Proto není vhodné využívat pro tento rozběh BiSG užitého v architektuře P0. V tomto případě se využije konvenčního startéru. V případě selhání BiSG, konvenční startér je také použit jako záložní prvek pro start již zahřátého motoru. [31]

6.2. Konvenční Start/stop systém

Když vozidlo stojí a motor běží na volnoběžných otáčkách, je zbytečně spalováno palivo, a tím se zvyšuje spotřeba a emise CO₂. Například v NEDC cyklu (New European Driving Cycle) se uvádí, že vozidlo je v klidu až 25 % své doby. [27]

Proto má většina moderních aut funkci Start/stop, která je schopna při zastavení vozidla vypnout ICE. Tato funkce je zajištěna běžným startérem (připojeným k motoru přes ozubení) nebo pomocí BiSG. V porovnání s konvenčním startérem má BiSG několik výhod:

- Rychlejší čas spuštění díky vyššímu výkonu el. stroje
- Nižší hluk a vibrace díky řemenovému pohonu (místo ozubení)

U konvenčního Start/stop se uvádí úspora paliva a emisí CO₂ až 8 % v kombinovaných jízdních cyklech a až 15 % v silných městských provozech. [28]

6.3. Pokročilý Start/stop systém

V porovnání se systémem popsáním v kap. 5.2, pokročilý Start/stop znamená vypnutí motoru, když řidič brzdí a rychlost vozidla je pod prahovou rychlostí, ale stále se pohybuje. Vypnutí motoru je provedeno pomocí spojkového pedálu u manuálních převodovek a přes měnič momentu u automatických. Motor je znovu nastartován, když řidič sešlápne spojku (u manuálních), nebo když pustí brzdový pedál (u automatických). Tento chod přináší další úsporu paliva, jelikož se prodlužuje doba, kdy je motor zastaven. Tento rozvinutý systém však musí být schopen se vypořádat s tzv. změnou mysli (Change of Mind= CoM). Ta nastává, když řidič brzdí, rychlost klesá pod limitní a motor se začíná vypínat. Pokud však řidič pustí brzdový pedál, než vozidlo zcela zastaví, je opět požadavek na spuštění motoru. V této situaci je pro udržení přijatelné říditelnosti vozidla zapotřebí velmi krátký časový interval restartu motoru a rychlé znovupřipojení převodovky. [29]

6.4. Výběh (Stop-in-motion, Coasting)

Tato funkce představuje odpojení motoru od převodovky a jeho zastavení při relativně vyšší rychlosti (např. 40 km/h). Coasting je zahájen, když řidič pozvolna pustí plynový pedál a vozidlo začne decelerovat bez brzdění. Důvodem je nižší množství paliva potřebné pro dojetí stejné vzdálenosti, než s připojeným ICE a převodovkou. Proces může být buď s motorem s volnoběžnými otáčkami nebo s vypnutým. Architektura P0 má v tomto ohledu několik nevýhod a to:

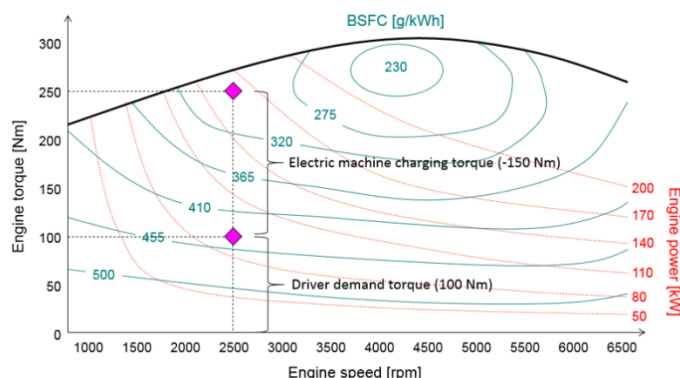
- Když je motor zastaven, el. stroj negeneruje žádnou el. energii během fáze decelerace, jelikož je napojen přímo na motor. Proto jen dojíždění velkých vzdáleností šetří palivo.
- Na straně motoru nejsou poháněny přídatné systémy (např. klimatizace), proto mohou tyto systémy požádat o spuštění motoru nebo potlačit dojíždění. Řešením je el. kompresor.
- Pokud je vozidlo vybaveno automatickou převodovkou, zastavení motoru způsobí přerušování výkonu pro olejové čerpadlo převodovky. Východiskem je elektrická pumpa nebo akumulátor tlaku. [31]

6.5. Posunutí zátěže motoru (Engine load shift)

Zde je hlavním měřítkem závislost momentu motoru na rychlosti motoru a jeho výsledná spotřeba neboli graf BSFC (Brake Specific Fuel Consumption). Je to tedy poměr mezi hodinovou spotřebou paliva udávanou v g/hod a výkonu motoru v kW. Pokud vozidlo jede konstantní rychlostí, motor pracuje v určitém pracovním bodě, který nemusí být nejvyšší hodnotou BSFC. Moment však může být rozdělen na různé hodnoty pro el. stroj a pro ICE. Cílem je dosažení co nejnižší spotřeby. [30]

Uvedme příklad. Pokud řidič potřebuje 100 Nm při 2500 min⁻¹ k dosažení konstantní rychlosti, motor má malou účinnost a BSFC je 455 g/kWh. Ke zlepšení účinnosti je el. stroj nastaven jako generátor se zátěží 150 Nm. Pro kompenzaci této zátěže je zvednut moment motoru na 250 Nm. Výsledný moment je udržen (250 Nm -150 Nm= 100 Nm), avšak účinnost je zlepšena, neboť nyní pracuje motor v oblasti 320 g/kWh. To znamená posunutí zátěže motoru a zároveň zlepšení specifické spotřeby. Je zde však omezení emisí výfukových plynů. Nelze samozřejmě jen posuzovat specifickou spotřebu, ale je potřeba hledět i na celkovou spotřebu (l/100 km), v porovnání s energií vyrobenou generátorem, která je později použita k pohonu. Proto se musí hledat optimum, kdy se dosáhne nejlepší kombinace obou spotřeb.

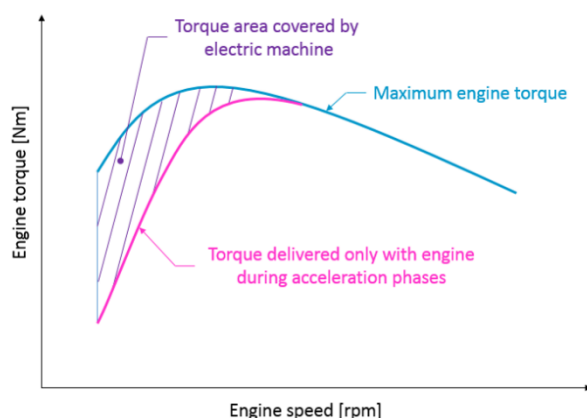
Na Obrázku 8 níže je graficky znázorněn tento příklad. Na ose y je moment spalovacího motoru v závislosti na jeho otáčkách (osa x). Zelenými čarami jsou poté vykresleny křivky BSFC a červenými čarami je znázorněn výkon motoru. [31]



Obr.8: Ukázka posunutí zátěže motoru [31]

6.6. Plnění kroutícího momentu (Torque fill)

Konvenční ICE generuje kroutící moment díky klikovému mechanismu složeného z pístu, pístního čepu, ojnice a klikového hřídele. Tyto prvky mají svou hmotnost a setrvačnost (translační a rotační), i nasávaný vzduch má svou setrvačnost. Kvůli tomu nemůže motor dodávat kroutící moment již od nejnižších otáček. Zároveň je zde souvislost i s charakteristikou spalovacího motoru, kdy v nízkých otáčkách je schopen dodávat nižší kroutící moment. Je zde prodleva mezi sešlápnutím plynového pedálu a reakcí kroutícího momentu. U elektrických strojů, které mají pouze jednu pohyblivou část (rotor) a jsou podřízeny pouze elektromagnetickým zákonům, toto omezení není. Mohou tedy dodávat okamžitě kroutící moment. Elektromotory tak mohou dodávat plný točivý moment již od téměř nulových otáček. Hybridní hnací ústrojí dokáže využít tyto vlastnosti ke zlepšení dynamického projevu vozidla. Plnění kroutícího momentu tedy znamená kompenzaci potřebného momentu, který není schopen dodat ICE. Toto se projeví zejména v nízkých otáčkách, kdy má ICE značnou prodlevu odezvy a zároveň nižší moment. Pro ukázkou, pokud moment ICE je 80 Nm a řidič sešlápne pedál plynu na podlahu, znamenající 160 Nm, zbylých 80 Nm dodává elektromotor, a to do té doby, než moment od ICE je dostatečně vysoký.



Obr.9: Ukázka plnění kroutícího momentu [31]

Na Obrázku 9 je vynesena závislost momentu motoru na jeho otáčkách. Světle modrou čarou je vynesena křivka maximálního momentu. Růžová barva představuje moment, který je možný dosáhnout pomocí spalovacího motoru, vyšrafovaná část je poté oblast, kterou lze pokrýt momentem

od elektromotoru. Vyšrafovaná oblast má smysl do té doby, než je moment motoru dostatečně velký a dosáhne své maximální křivky. [31]

6.7. Volnoběžné dobíjení (Idle charging)

Tato funkce je nežádoucí a je snaha se jí co nejvíce vyhnout. Jelikož regulátory kontrolují stav nabití obou baterií, v případě, že zjistí nízký stav nabití baterie (SOC), přepne se el. stroj do režimu Generátor a mírně zvýší volnoběžné otáčky motoru na cca. 1000 min⁻¹. Elektrický stroj se tedy stane přídatnou zátěží a spalovací motor pracuje v nevýhodné oblasti BSFC. Proto je z pohledu spotřeby paliva tato schopnost přitěžující a je využívána jen v případech, kdy není rekuperovaná energie z brzdění dostatečně velká. [31]

6.8. Rekuperace energie

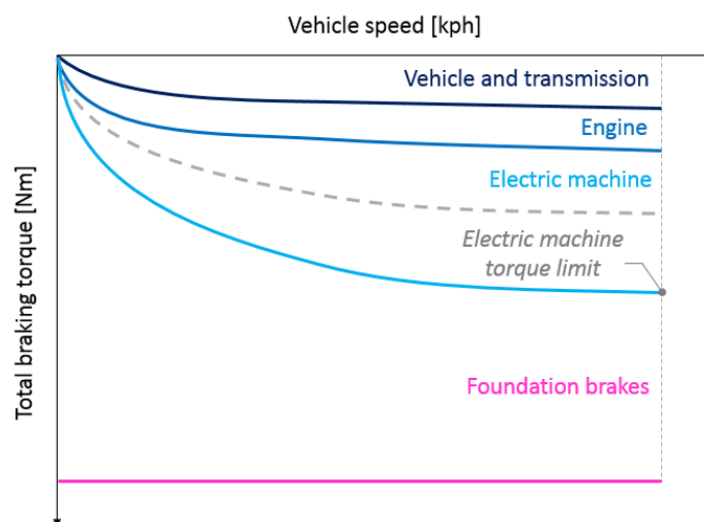
Během fáze decelerace se spalovací motor chová jako brzda a způsobuje mírné zpomalování vozidla. Na vozidlo působí také odporové síly, které se snaží jej zastavit. Tyto síly jsou např. odpor valení, odpor vzduchu, odpory motoru a hnacího ústrojí. Tyto síly mohou být znásobeny poloměrem pneumatiky, a tedy být počítány jako momenty. Dále el. stroj, který je poháněn mechanicky, je v generátorickém režimu a odebírá tak další část momentu. Rovnice celkového brzdného momentu je tedy

$$T_{brz} = T_{voz} + T_{mot} + T_{em} \quad (3)$$

kde T_{voz} [Nm] je odpor vozidla obsahující odpor valení, vzduchu a hnacího ústrojí, T_{mot} [Nm] jsou ztráty v motoru díky tření a dalším ztrátám a T_{em} [Nm] je moment el. stroje. Velikost T_{em} je limitována maximální decelací. I když by stroj byl schopen odebírat více energie, je omezen tak, aby celkový brzdný moment byl v limitech říditelnosti vozidla. Jinými slovy, rekuperace znamená schopnost přeměňování energie setrvačnosti vozidla. [31]

6.9. Regulace řízení brzd

U hybridního vozu je brzdý moment rozdělen mezi moment el. stroje a moment třecích brzd. Během fáze brzdění informuje regulátor hybridního vozidla regulátor brzd o maximálním možném brzdném momentu, který může odebírat el. stroj. Tato limitní hodnota je dána např. napětím baterie, teplotou stroje atd. V závislosti na velikosti této hodnoty regulátor brzd buď aktivuje pouze el. stroj nebo při větším potřebném momentu aktivuje i základní brzdy.



Obr.10: Závislost rychlosti na brzdném momentu [31]

Na Obrázku 10 je zobrazena závislost rychlosti vozidla (osa x) a celkového brzdného momentu (osa y). První křivka (*Vehicle and transmission*) představuje brzdný moment od vozidla a převodovky. Další křivka (*Engine*) představuje brzdný moment, který lze vyvodit použitím motoru. Oblast omezena touto křivkou a světle modrou křivkou představuje možný brzdný moment, kterého lze dosáhnout využitím elektromotoru. V bodu *Electric machine torque limit* se nacházíme v maximálním možném brzdném momentu elektromotoru. Růžová křivka ve spodní části grafu představuje křivku brzdného momentu pro třecí brzdy (*Foundation brakes*). Jak lze vidět, všechny křivky brzdného momentu, až na poslední zmíněnou, jsou závislé na rychlosti vozidla.

Pokud použijeme rovnici č. 3, na její pravou stranu nám přibude moment od třecích brzd. Regenerací brzd tedy můžeme popsat proces mezi regulátorem hybridního vozidla a brzdovým regulátorem, kdy je celkový brzdný moment rozdělen mezi moment el. stroje a moment základních brzd.

$$T_{brz} = T_{voz} + T_{mot} + T_{em} + T_{zb} \quad (4)$$

Kde T_{zb} je moment od základních (hydraulických) brzd. [31], [32]

6.10. Creep

Tato funkce, jako jediná z výše zmíněných závisí na architektuře hybridního vozidla. Creep lze vysvětlit jako vozidlo pohybující se velmi nízkou rychlostí při nízkých otáčkách. Je způsoben například kombinací:

- Je zařazen 1. rychlostní stupeň
- Není sešlápnut spojkový pedál
- Není sešlápnut plynový pedál
- Motor je v nízkých otáčkách

Vozidla s automatickou převodovkou se do tohoto stavu dostanou velmi snadno. Stačí, když řidič při zastaveném vozidle pustí brzdový pedál, auto se začne samovolně pohybovat směrem vpřed.

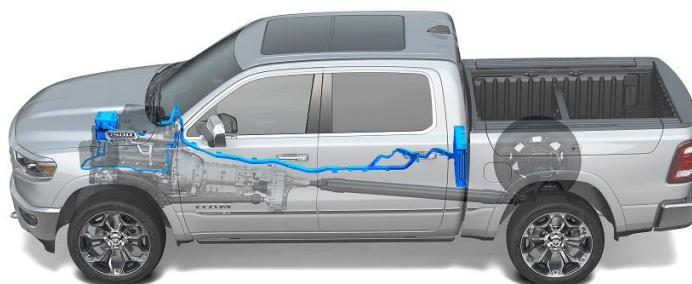
U manuálních převodovek lze creep vytvořit pomalým spouštěním spojkového pedálu při zařazeném 1. rychlostním stupni. Když motor dosáhne volnoběžných otáček a vyskytne se zátěž (např. spojka, HdM), regulátor zvýší otáčky a vozidlo mírně pojedě vpřed.

Rychlost, při které creep nastává, bývá okolo 5 km/h. Tento mód je velmi nevhodný pro motor. Architektury P2 až P4 jsou schopné podpořit vozidlo elektrickým módem pro creep. To může zvýšit celkovou účinnost, neboť ICE může být vypnut, jelikož elektromotor dodá dostatečný moment pro udržení minimální rychlosti. To je výhodné zejména při popojíždění v kolonách, kde se tento jev nejčastěji projevuje. [31], [33], [134]

7. Vybrané ukázky 48 V vozidel

7.1. Dodge Ram 1500 eTorque

Je vybaven klasickým motorem V-6 a 48 V elektrickým systémem s architekturou PO. Celkem má maximální výkon až 305 koňských sil a 365 Nm momentu. Elektrický systém může dodávat až 120 Nm přídatného momentu na klikový hřídel, což je prospěšné zejména pro rozjíždění při Start-Stop (tato vysoká hodnota je dosažena díky převodu). Díky této funkci je moment schopen doputovat ke kolům do 400 milisekund, více než dvakrát rychleji než u konvenčního Start-stop systému. Lithium-iontová baterie nikl-mangan-kobalt (NMC)-grafit může poskytovat až 430 Wh. O její nabíjení se stará 3kW DC-DC převodník, který zároveň mění napětí na 12 V k napájení zařízení a nabíjení klasické 12 V olověné baterie. Na Obrázku 11 je modře zvýrazněna přidaná 48 V síť, kde si lze všimnout zejména baterie umístěné za sedadly a elektromotoru připevněného z boku spalovacího motoru. [34]



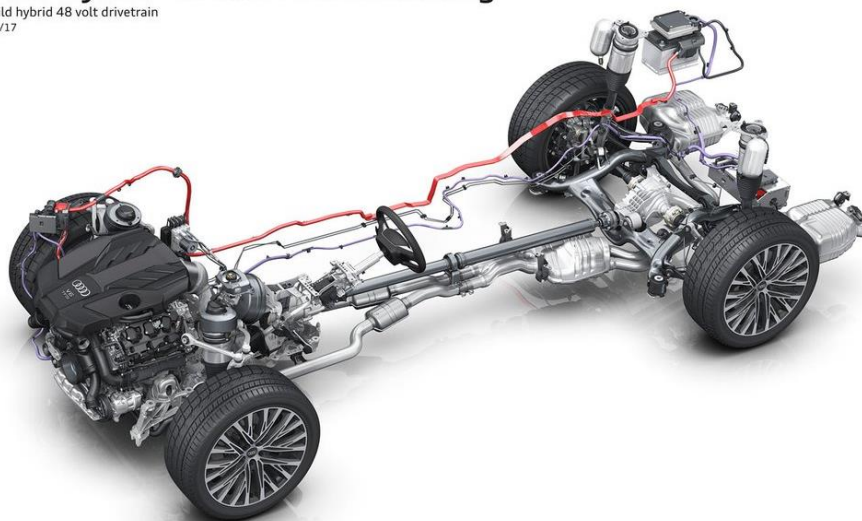
Obr.11: Dodge Ram 1500 eTorque [34]

7.2. Audi A8 Hybrid

U tohoto typu je použita opět architektura BiSG, zde nazývaná BAS (belted alternator starter). Jakmile zmírní řidič sešlápnutí plynového pedálu a vozidlo se pohybuje rychlostí mezi 30 a 160 km/h, dojde k vypnutí spalovacího motoru. Maximálně však po dobu 45 sekund. V okamžiku přidání akcelerace je opět ICE nastartován. Vozidlo je vybaveno sensorikou, která řídí dané spínání a vypínání a rozhoduje tak, do kterého módu se vozidlo přepne. Zejména využívá navigaci GPS o profilu terénu, do kterého v nejbližší době dorazí, či aby samočinná převodovka neřadila v zatáčce. Maximální výkon je 180 kW a nejvyšší možný moment je 480 Nm. Elektrický motor je synchronní stroj s permanentními magnety a může produkovat až 40 kW a 210 Nm momentu. [35], [36]

Mild-Hybrid 48 Volt-Antriebsstrang

Mild hybrid 48 volt drivetrain
05/17

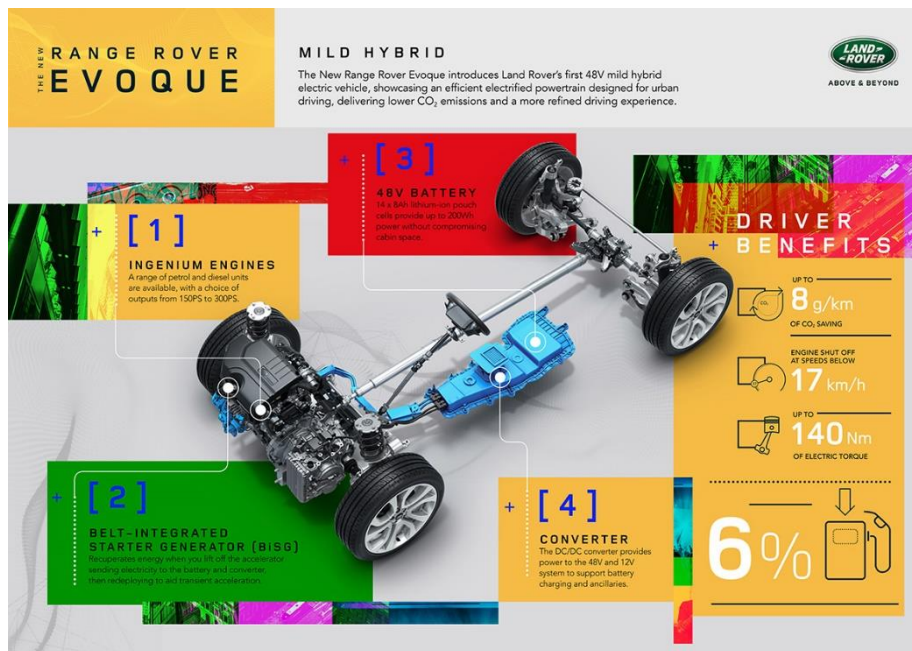


Obr.12: Schema 48 V systému Audi [35]

7.3. Range Rover Evoque

Druhá generace Range Roveru Evoque má taktéž použítu pozici P0. Lithium-iontová baterie je umístěna pod podlahou vozidla. Je složena ze 14 buněk, každá s kapacitou 8 Ah. Celkově může poskytnout až 200 Wh elektrické energie. Elektrický stroj může dodávat až 140 Nm přidavného kroučícího momentu, sloužícího zejména k rychlejší akceleraci. Pod rychlostí menší než 17 km/h se vypne motor (pokročilý start-stop) pro zlepšení účinnosti a emisí. Na Obrázku 13 je oficiální poster, na kterém je modrou barvou opět zvýrazněna 48 V síť. Jsou zde také uvedené možné úspory, kterými se výrobci často chlubí. Zde je uvedena úspora emisí CO₂ až 6 g/km, což s výše zmíněným přidavným momentem a vypínáním motoru, má znamenat úsporu paliva až 6 %.

[37]



Obr.13: 48 V síť Range Rover Evoque [37]

8. Databáze 48 V vozidel

V další části diplomové práce bylo provedeno vyhledání a vytvoření databáze vozidel, které využívají 48 V technologii. Byla snaha o vyhledání různých typů vozidel, od lehkých osobních aut, až po těžší SUV tak, aby byl obsažen co možná největší možný rozptyl dané technologie. Celkově bylo do databáze vloženo 24 vozidel, které tuto technologii využívají. Na internetu byly poté dohledávány jednotlivé bližší technické parametry a informace, bohužel ne vždy se dalo najít vhodné podrobné informace o všech parametrech, jelikož ne všechny parametry jsou zveřejňovány automobilkami. Mezi hledanými parametry byly informace o ICE-jeho výkon, moment, objem, otáčky..., dále o hybridním ústrojí – použitá baterie, elektromotor, jeho výkon..., převodovém ústrojí – počet stupňů, typ a další technické specifikace jako jsou hmotnosti, rozměry, koeficienty apod. Byla také vyhledána cena těchto vozů. Vozidla bylo poté seřazena do kategorií dle jejich typu a velikosti, pro lepší možné porovnávání mezi sebou.

Tabulky jsou zobrazeny v Příloze 2, která jsou uvedena na konci práce.

8.1. Kategorie 1

Do kategorie 1 byly zařazeny lehké osobní automobily. Jelikož se jedná o nejběžnější a nejčastěji používané vozy, zastupují největší část databáze. Mezi tato vozidla patří např. Škoda Octavia, VW Golf a další. Celkem je v této kategorii 14 vozidel, a to s čísly od 1 do 14.

8.2. Kategorie 2

Do kategorie 2 byla zařazena vozidla, která jsou většinou typu SUV. Díky jejich typu jsou výrazně těžší a větší než vozidla z kategorie 1. Tato kategorie obsahuje 8 vozidel, s čísly 15-22.

8.3. Kategorie 3

Do kategorie 3 spadají vozy, které nejsou vhodné pro zařazení do přechozích kategorií, a to buď díky jejich typu využívání, nebo kvůli hmotnostním a rozměrovým parametrům. Do této kategorie tak z této databáze spadají užitkové vozy a velké terénní vozy. Tato kategorie obsahuje dva vozy, a to s čísly 23 a 24.

9. Srovnání obdobných konvenčních a hybridních vozidel

V další části bylo provedeno porovnání obdobných konvenčních vozidel. Srovnání bylo provedeno celkem u 12 vozidel, u většiny se podařilo najít přímo stejné vozidlo, pouze bez hybridního ústrojí. Pokud nebylo nalezeno přesně stejné, bylo použito co nejbližší vozidlo tak, aby bylo porovnání věcné, a daly se z něj vyvozovat závěry, které by příliš neovlivňovaly ostatní výsledky. Do srovnání byla zahrnuta vozidla všech tří kategorií, a i v uvnitř kategorie byly vybrány vozy z rozdílných cenových vrstev, pro možnost dokonalejšího závěru, které by byl platný pro větší oblast vozidel. Mezi porovnávané kategorie se řadil výkon (v případě nestejných vozů se hledal nejbližší možný), dále byly zjišťovány emise CO₂ v cyklu WLTP, udávaná spotřeba ve všech 3 měřených cyklech (kombinovaná, městská, mimoměstská). Jako další faktory pro srovnání bylo zohledněno zrychlení 0-100 km/h, hmotnost vozidla a na závěr cena vozidla, která slouží k vyvození závěru, zda je hybridní vozidlo dražší než konvenční, a kolik případně činí nárůst ceny. Vozidla mají pro lepší přehlednost stejná čísla, jako mají v detailních tabulkách v přílohách. Dané parametry byly vyneseny do tabulek a následně do grafů pro rychlejší a lepší přehlednost.

V první řádce je vždy uvedeno konvenční vozidlo, v druhé poté hybridní (je u něj uvedeno pro přehlednost tučně 48 V). U každého parametru je poté ve třetí řádce vzájemná procentuální odchylka daných hodnot. Plusové znaménko u procenta vyjadřuje lepší hodnotu pro uživatele (vyšší výkon, nižší emise, nižší spotřebu, rychlejší zrychlení, nižší hmotnost a nižší cenu).

číslo	výrobce	model	výkon	emise CO ₂	kombi	město	mimo	zrychlení	hmotnost	cena
-	-	-	kW	g/km	l/100km	l/100km	l/100km	s	kg	Kč
5	BMW	320d XDrive Touring	140	121	4,6	5,4	4,3	7,4	1715	1 170 000
		(48V) 320d XDrive Touring	140	119	4,5	5,2	4,2	7,4	1640	1 198 600
48V lepší o			0 %	1,65 %	2,17 %	3,70 %	2,33 %	0 %	4,37 %	-2,44 %
6	BMW	520d XDrive	140	119	4,5	5,1	4,2	7,6	1695	1 462 500
		(48V) 520d	140	108	4,3	4,8	4	7,2	1728	1 418 300
48V lepší o			0 %	9,24 %	4,44 %	5,88 %	4,76 %	5,26 %	-1,95 %	3,02 %
8	Hyundai	i20 T-GDI 120	88	121	5,2	6,7	4,4	10,5	1185	439 990
		(48V) i20 III 1.0 T-GDI MHEV	88	119	5,1	6,4	4,3	10,3	1070	499 900
48V lepší o			0 %	1,65 %	1,92 %	4,48 %	2,27 %	1,90 %	1,30 %	-13,62 %
9	M-Benz	C200 4Matic	135	150	6,6	8,7	5,3	8,4	1595	1 153 130
		(48V) C-Class C200 EQ (hybrid)	135	138	6,1	8,1	5	8,1	1430	1 097 470
48V lepší o			0 %	8,00 %	7,58 %	6,9 %	5,66 %	3,57 %	10,34 %	4,83 %
11	Škoda	Octavia 1.0 TSI	81	117	5,2	6,7	4,5	10,8	1301	493 900
		(48V) Octavia 1.0 TSI ECO E-Tec	81	114	5	6,4	4,4	10,5	1341	553 900
48V lepší o			0 %	2,56 %	3,85 %	4,48 %	2,22 %	2,78 %	-3,07 %	-12,15 %
14	VW	Golf VIII 1.5 Tsi	110	130	5,7	7,8	4,9	8,7	1317	614 900
		(48V) Golf VIII 1.5 eTsi MHEV	110	129	5,7	7,5	4,9	8,7	1350	653 900
48V lepší o			0 %	0,77 %	0 %	3,85 %	0 %	0 %	-2,51 %	- 6,34 %
15	Audi	Q7 50 TDI Quattro	210	178	6,6	7,2	6,2	6,3	2145	1 831 900
		(48V) Q8 50 TDI Quattro	210	172	6,9	7	6,4	6,8	2145	1 886 900
48V lepší o			0 %	3,37 %	-4,55 %	2,78 %	-3,23 %	-7,94 %	0 %	-3,0 %

číslo	výrobce	model	výkon	emise CO ₂	kombi	město	mimo	zrychlení	hmotnost	cena
-	-	-	kW	g/km	l/100km	l/100km	l/100km	s	kg	Kč
16	Hyundai	Tucson 2.0 CRDi 4x4	136	153	5,8	6,6	5,4	9,9	1695	769 990
		(48V) Tucson 2.0 CRDi 48V MHD	136	146	5,7	6,1	5,2	9,5	1673	839 990
48V lepší o			0 %	4,58 %	1,72 %	7,58 %	3,7 %	4,04 %	1,3 %	-9,09 %
17	Jeep	Wrangler 2.0T GME	199	200	9,7	11,3	9,2	8,9	2103	953 900
		(48V) Wrangler Sport S 2.0 eTorque	201	198	10,2	10,7	9,8	7,6	1959	1 049 600
48V lepší o			1,01 %	1 %	-5,15 %	5,31 %	-6,52 %	14,61 %	6,85 %	-10,03 %
18	Kia	Sportage 2.0 CRDi KX-3 AWD	136	154	5,9	7,1	5,2	9,5	1690	839 980
		(48V) Sportage 2.0 CRDi MHEV EcoDynamics	136	149	5,8	6,2	5,4	9,5	1747	889 980
48V lepší o			0 %	3,25 %	1,69 %	12,68 %	-3,85 %	0 %	-3,37 %	-5,95 %
21	Suzuki	Vitara 1.4 BoosterJet	103	131	5,8	6,9	5,1	9,5	1195	456 900
		(48V) Vitara 1.4 BoosterJet 48V SHVS	95	104	4,9	5,5	4,6	9,5	1320	469 900
48V lepší o			-7,77 %	20,61 %	15,52 %	20,29 %	9,80 %	0 %	-10,46 %	-2,85 %
24	Ford	Transit 2.0 EcoBlue 125 kW	125	213	6,8	7,6	6,6	-	2152	914 190
		(48V) Transit 350 Trend 2.0 EcoBlue MHEV	125	207	6,2	6,4	6	-	2232	970 015
48V lepší o			0 %	2,82 %	8,82 %	15,79 %	9,09 %	-	-3,72 %	-6,11 %

Tabulka 2: Srovnání konvenčních a hybridních vozidel

Zdroje: 5) [38], [39], [40]

6) [40], [41], [42], [43], [44]

8) [45], [46], [86]

9) [47], [48], [49], [50]

11) [51], [52], [53], [88]

14) [54], [55], [56], [57],

15) [58], [59], [60], [61], [62], [84], [85]

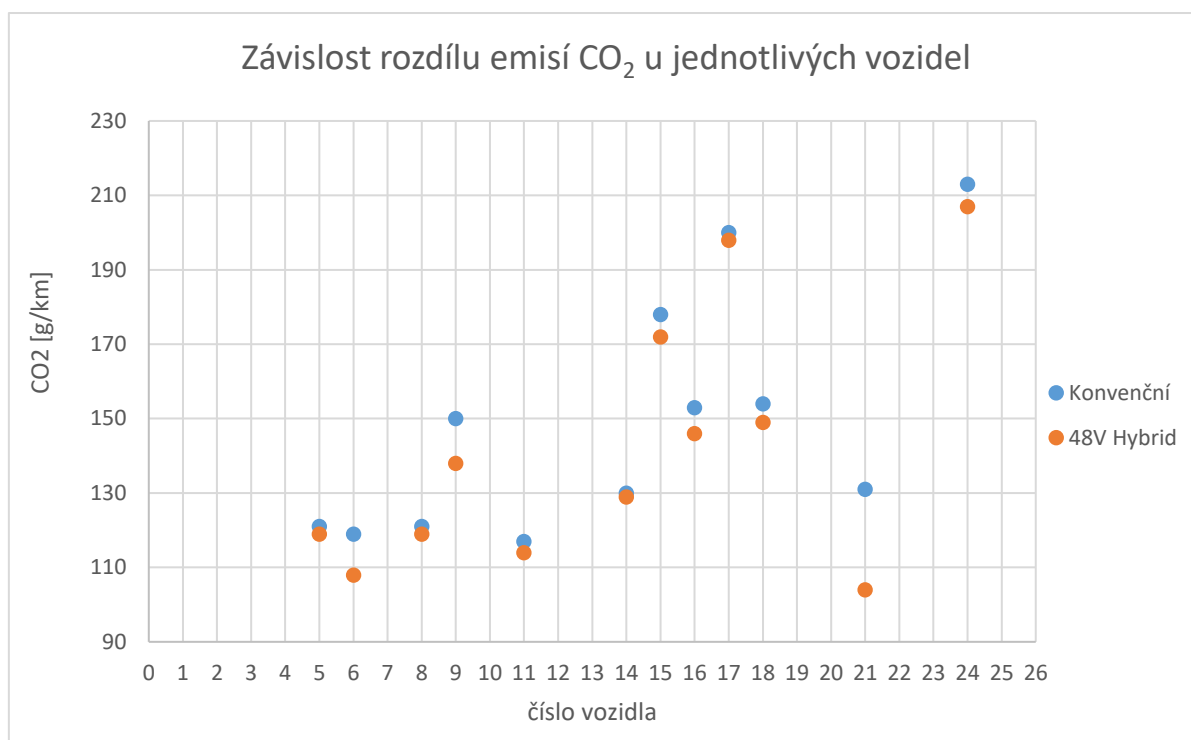
16) [63], [64], [65], [66], [67]

17) [68], [69], [70], [71], [72]

18) [73], [74], [75], [76], [87]

21) [77], [78], [79],

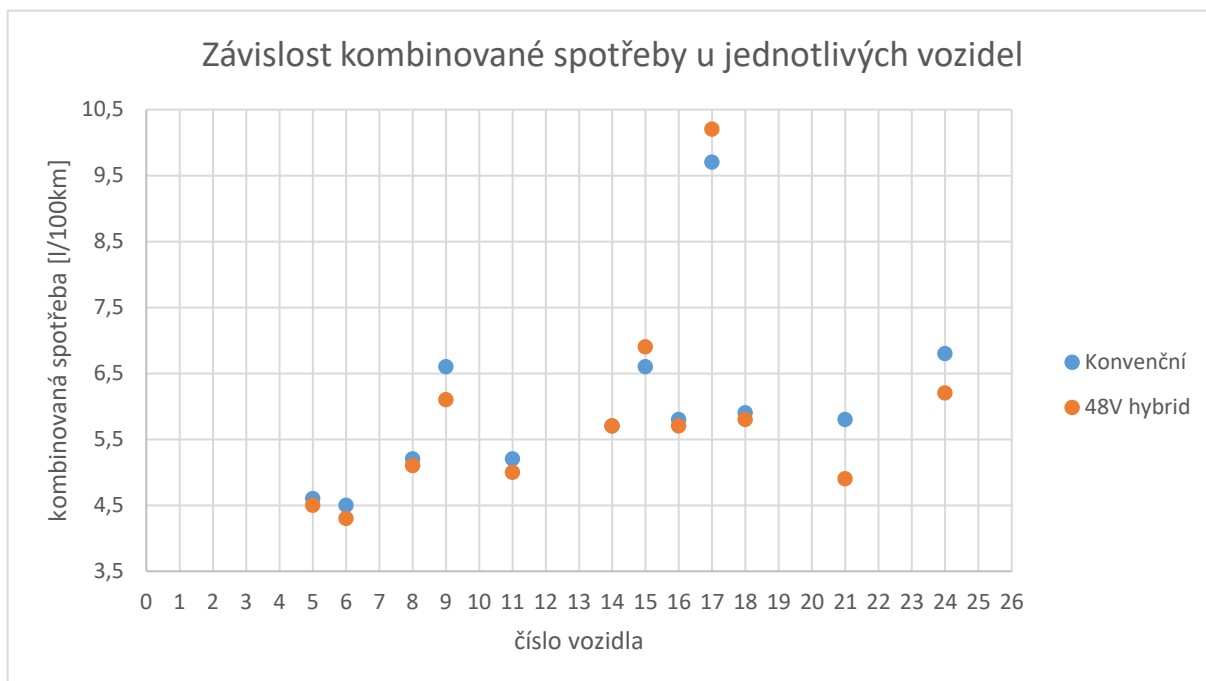
24) [80], [81], [82], [83]



Obr.14: Závislost rozdílu emisí u jednotlivých vozidel

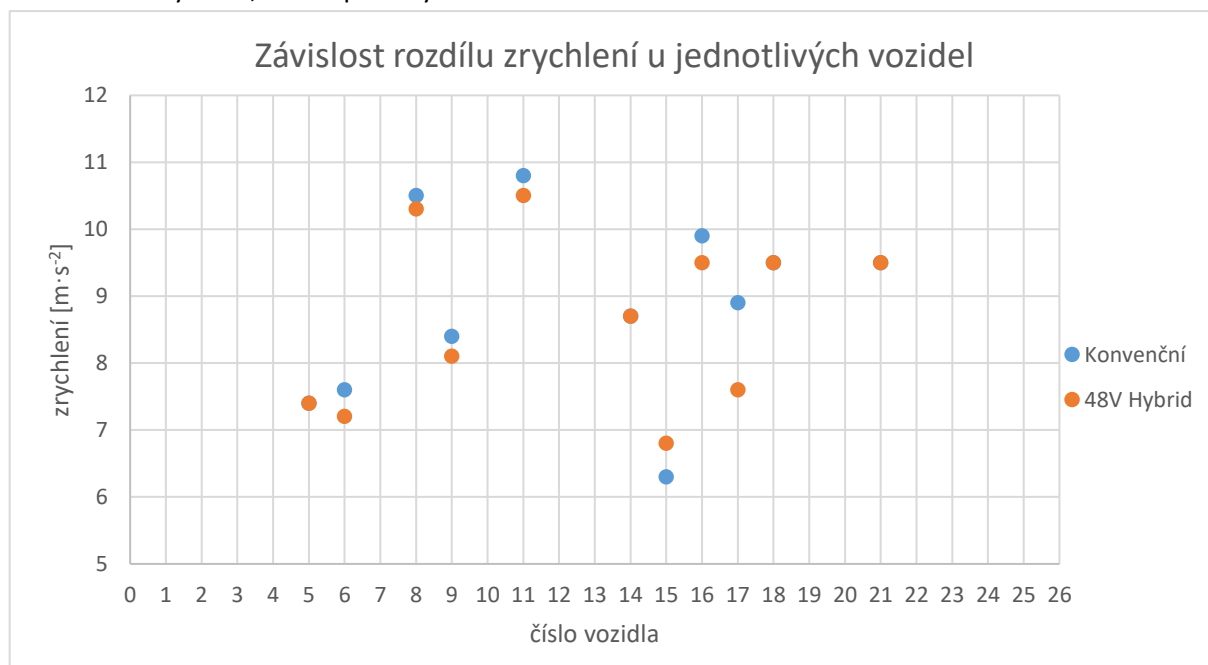
Na Obrázku 14 je zobrazena hodnota emisí CO₂ u jednotlivých vozidel. Z grafu lze vyčíst, že ve všech případech má hybridní varianta nižší hodnotu vyfukovaných plynů CO₂. Tento závěr velmi dobře koresponduje s jedním z hlavních požadavků na vývoj a výrobu hybridních vozidel, což je právě dosažení nižších emisí. Průměrná hodnota hybridních vozidel je o 4,96 % nižší než u konvenčních. Emise byly brány z cyklu WLTP.

Hodnoty městské a mimoměstské spotřeby byly obě lepší u hybridních verzí, u městské byla hodnota o 7,81 % nižší a u mimoměstské o 2,19 % nižší. Z těchto hodnot je vidět, že největší efekt má hybridizace u městských provozů, kde je velmi častá akcelerace, při které spalovací motor nepracuje v optimálních bodech. Zároveň je zde častá decelerace, při které se dá rekuperovat energie, která by se jinak zmařila v tepelnou energii.



Obr. 15: Závislost kombinované spotřeby u jednotlivých vozidel

Na Obrázku 15 je vyneseno graf, na kterém je znázorněna kombinovaná spotřeba u obou druhů vozidel. Zde je vidět rozdíl, neboť u několika vozidel je buď nulový rozdíl, nebo dokonce je konvenční vozidlo lepší. To však je u vozidel, kde nebylo možné, najít úplně totožné vozidlo pro porovnání (např. Audi Q7 vs. Audi Q8). U ostatních je opět tendence správným směrem, tudíž snížení spotřeby díky hybridizaci. U vozidla 21 je značný rozdíl mezi oběma verzemi. Zde je hlavní důvod ten, že hybridní vozidlo je z o rok mladší edice, a zároveň má motor o několik kW nižší výkon. Průměrná spotřeba kombinovaná byla o 3,17 % lepší u hybridních vozů.

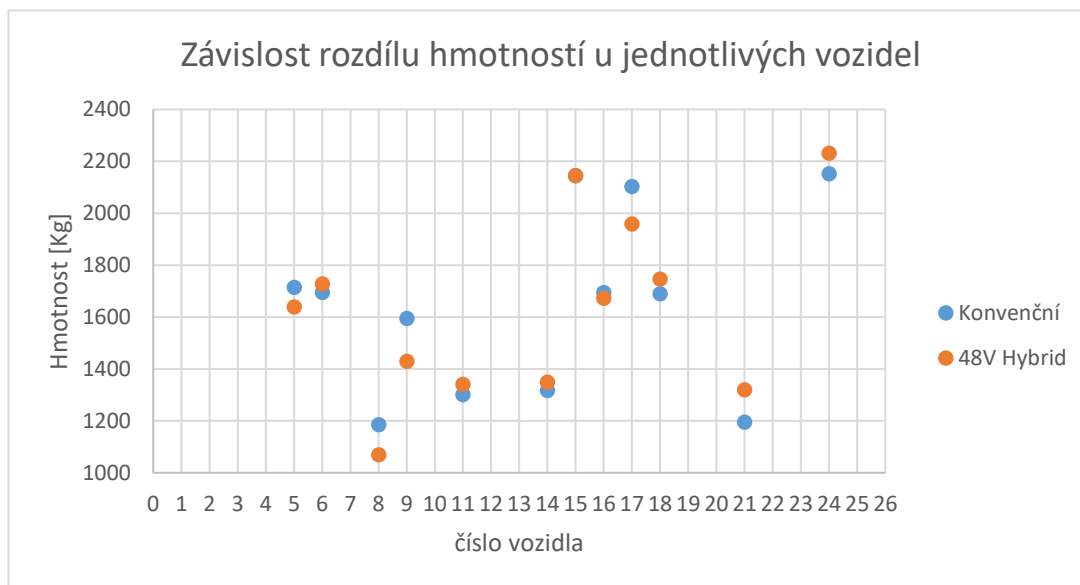


Obr. 16: Závislost rozdílu zrychlení u jednotlivých vozidel

Na Obrázku 16 je vynesena závislost zrychlení z 0-100 km/h. Tento parametr není tolik průkazný, a nenajdeme zde takové zlepšení u hybridních vozů. U většiny je parametr zrychlení stejný

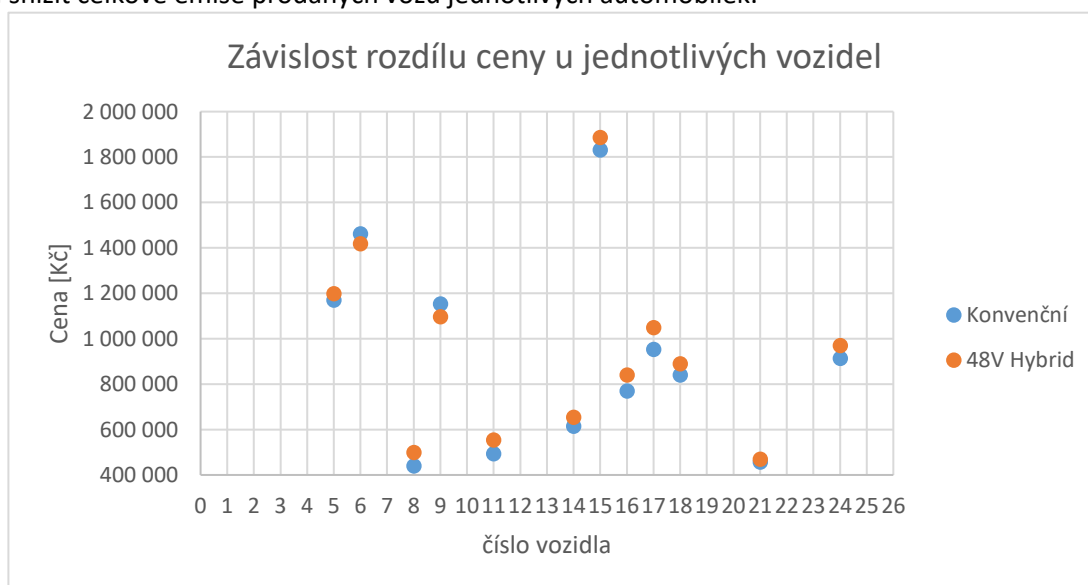
či představuje jen mírné zrychlení. Lepší hodnota zrychlení je jen doplňující parametr, a není hlavním důvodem hybridizace pohonného ústrojí. Zrychlení u hybridů je o 2,2 % lepší než u konvenčních vozidel.

Obr. 17 zobrazuje závislost hmotností u jednotlivých vozidel. Zde už nejde vyvodit jednotná tendence, neboť zde neexistuje žádná závislost, která by dokazovala, že hybridní vozy jsou těžší. Naopak, v některých případech bylo zjištěno hybridní vozidlo, které mělo nižší hmotnost než vozidlo konvenční. V jednom případě potě mělo hybridní i konvenční stejnou hmotnost. Z tohoto výsledku lze vyvodit závěr, že se výrobci snaží u hybridních vozů snížit hmotnost ostatních prvků tak, aby hybridní soustava způsobila co možná nejmenší změnu celkové hmotnosti. Celková průměrná hodnota hmotnosti hybridu z porovnávaných vozidel vyšla o 0,62 % nižší než u konvenčních vozidel.



Obr. 17: Závislost rozdílu hmotností u jednotlivých vozidel

Na Obr. 18 je vyneseno rozdílné cenou obou druhů vozidel. Ve všech případech kromě čísla 5 a 9 bylo hybridní vozidlo dražší než konvenční. Tato skutečnost je snadno pochopitelná, jelikož jsou ve voze další přídatné díly a sestavy, které navyšují cenu. U vozů, kde byla hybridní verze levnější, lze tuto změnu přičíst zejména různým programům a akcím, ve snaze prodat co nejvíce hybridních vozidel a tím snížit celkové emise prodaných vozů jednotlivých automobilek.

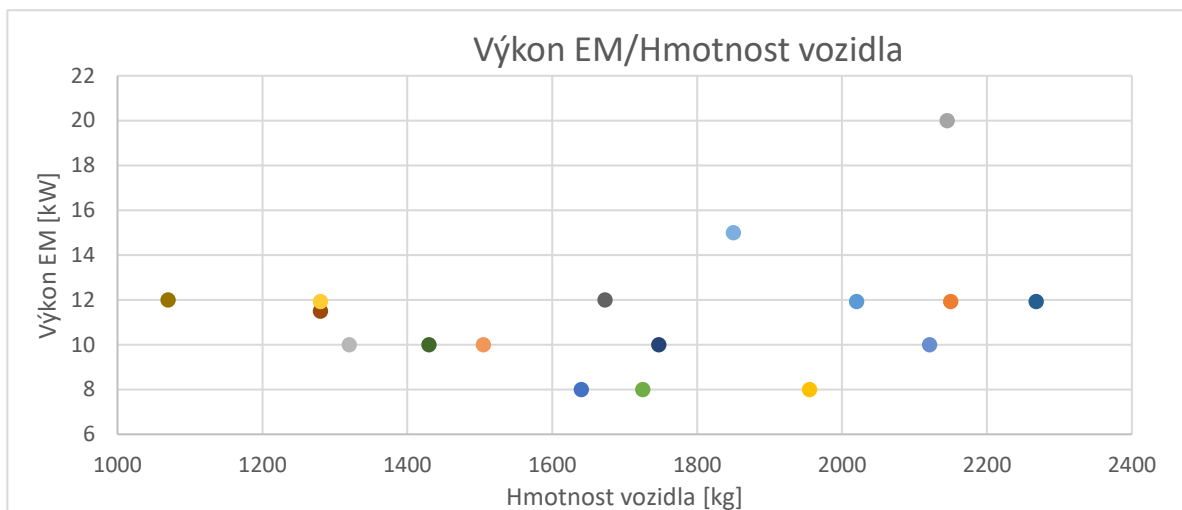


Obr. 18: Závislost rozdílu ceny u jednotlivých vozidel

Průměrná cena hybridu byla o 5,31 % dražší než cena srovnávaného konvenčního vozidla.

Z detailních tabulek (Příloha 2) byly vytvořeny grafy pro srovnání hybridních výbav vzhledem k parametrům vozidla.

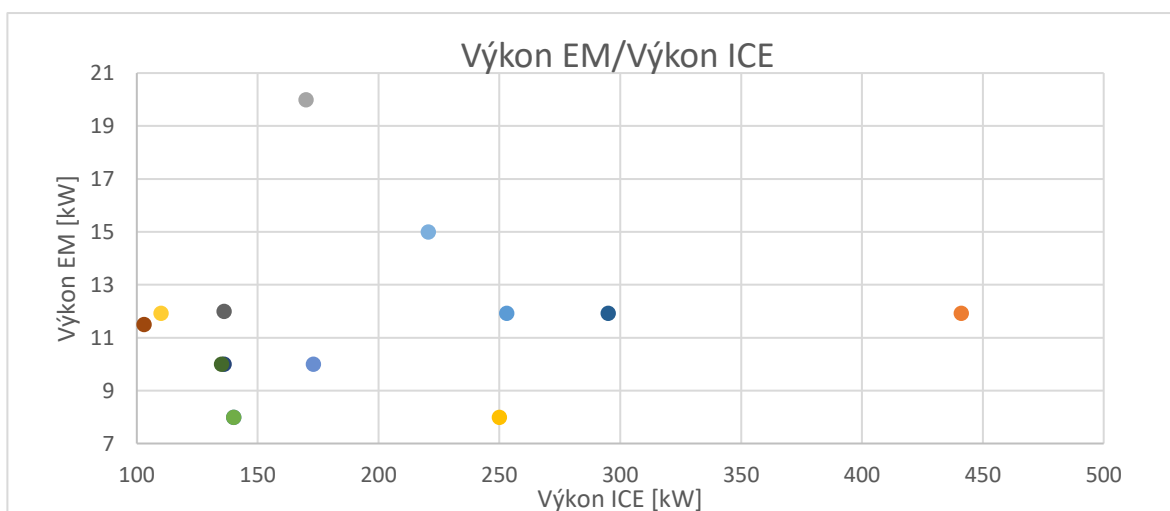
Z grafu závislosti výkonu elektromotoru na hmotnosti lze vidět, že nejčastější výkon elektromotoru se pohybuje v rozmezí 8-12 kW. Na hmotnosti vozidla víceméně nezáleží, neboť stejně výkonný elektromotor lze najít u vozidla s hmotností 1070 kg i s 2250 kg.



Obr. 19: Závislost výkonu EM na hmotnosti vozidla

Graf závislosti výkonu EM na výkonu ICE nám ukazuje, že nelze obecně jednoznačně definovat ustálený poměr mezi jejich výkony. Spíše se ukazuje fakt, že jednotlivá automobilka využívá jeden druh elektromotoru (celé elektrické hybridní sestavy) a ten implementuje pro různé druhy spalovacích motorů.

Kapacita baterie zjišťovaných vozidel se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,4-0,6 kWh. O kapacitě baterie se dají vyvodit podobné závěry jako o elektromotoru. Neboli že automobilka využívá jeden svůj ustálený typ baterie, kterou aplikuje do svých hybridních vozidel, nehlédě na jejich hmotnost či výkon spalovacího motoru.



Obr. 20: Závislost výkonu EM na výkonu ICE

Z detailních tabulek vozidel lze díky datu výroby vozidel dále vyčíst, že největší nárůst použití zažívá 48v technologie v posledních pár letech, a to zejména kvůli novým emisním normám, které musí vozidla splňovat. Do budoucna se dá předpokládat ještě mohutnější rozšíření a využití této technologie do většího počtu vozového parku automobilek, jelikož už nyní se dá velké množství aut pořídit jak v konvenčním, tak v hybridním provedení.

10. Model

Simulační model byl tvořen v programu GT-Suite. Tento program slouží mimo jiné k vytváření modelů vozidel, a to jak konvenčních, hybridních či čistě elektrických a jejich následným simulacím. Díky těmto simulacím můžeme poté velmi snadno obdržet výsledky, aniž bychom byli nuceni provádět reálné testování s reálnými vozidly a na reálných tratích. Tím se dá dosáhnout hned několika druhů úspor. Zaprvé časové, jelikož sice tvorba modelu je časově náročná, ale poté mohou probíhat simulace kdykoliv, nehlédě na den, počasí či jiné faktory. Zároveň je relativně snadné změnit parametry vozidla a tím pádem simulovat i vozidlo s odlišnými parametry. Dále lze dosáhnout úspory finanční, jelikož není potřeba testovat každé jednotlivé vozidlo, a nechávat ho testovat ve specializovaných válcových zkušebnách a dynamometrech. A za nedílnou úsporu lze považovat i komfort při testování, kdy v reálném testování musí být přítomna obsluha vozidla po celou dobu, kdežto u simulace, zejména pokud trvá delší dobu, může obsluha řešit jiné problémy a záležitosti.

Celkový model je složen z několika podsestav, ze kterých se skládá i reálné vozidlo.

Námi simulované vozidlo je Škoda Octavia čtvrté generace s benzinovým motorem 1.0 TSi o výkonu 81 kW.

10.1. Konvenční model

Konvenční vůz je, jak je zmíněno výše, složen z několika hlavních podsestav, které reprezentují hlavní součásti reálného vozu. Podsestavy jsou tyto:

ENGINE – podsestava zabývající se spalovacím motorem

TRANSMISSION – převodové ústrojí

Vehicle_trat-1 – podsestava obsahující údaje o vozidle

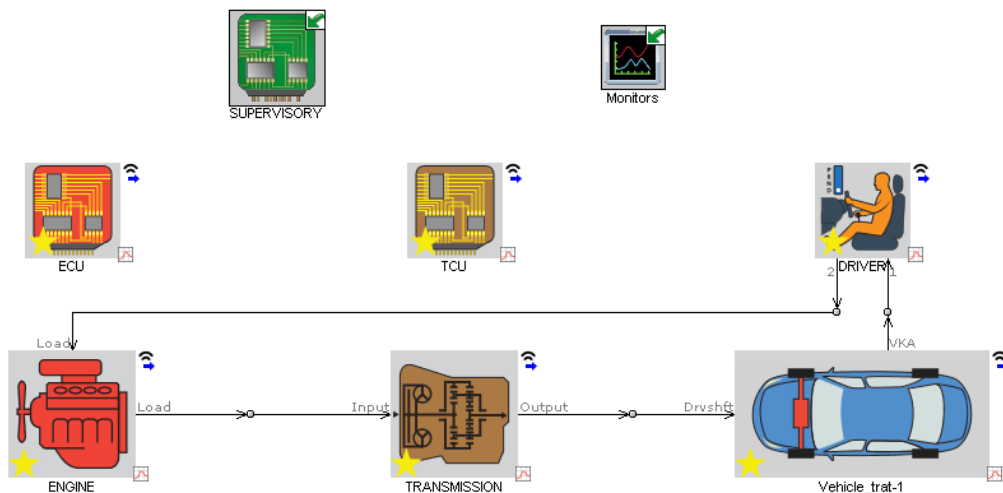
DRIVER – slouží k simulaci řidiče

TCU – k řízení převodového ústrojí

ECU – k řízení spalovacího motoru

SUPERVISORY – k celkovému řízení

Monitors – obsahující monitory k zobrazení rychlosti, otáček apod.



Obr. 21: Schema modelu konvenčního vozidla

Mezi některými podsestavami vedou spojnice, které určují mechanické vazby, např. z motoru do převodovky. Zároveň je v pravém horním rohu podsestav vidět znak (dva obloučky se šipkou), že informace (např. signály) jsou přenášeny bezdrátově. Tato možnost slouží zejména k lepší přehlednosti v modelu, jelikož jinak by se model mohl stát velmi snadno nepřehledným kvůli nepřehlednému množství čar, které by se vzájemně křížily.

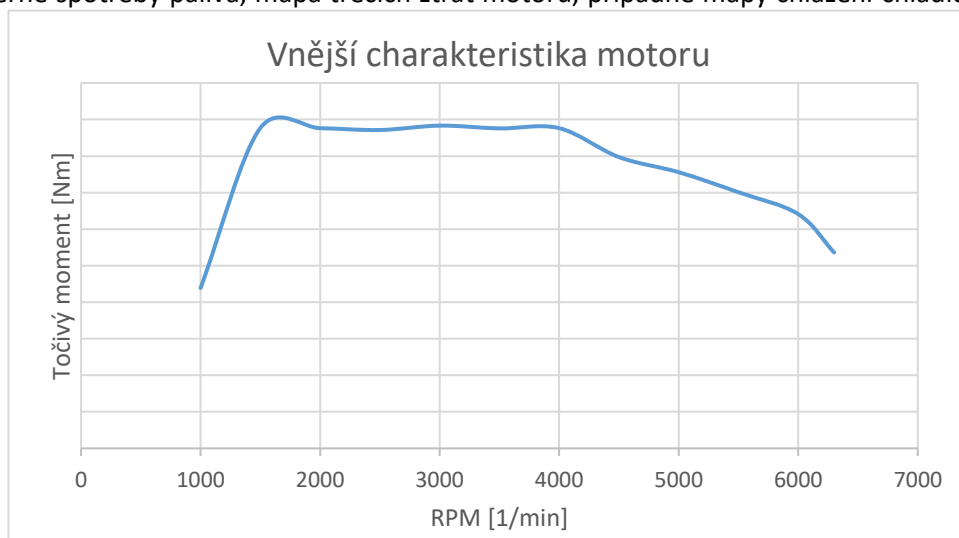
V následujících kapitolách budou podrobněji popsány jednotlivé podsestavy.

Pokud nebude uvedeno jinak, tak byly data, stavba modelu a podsestavy ponechány z předpřipraveného modelu, který je již poskytnut v návrhovém prvku GT-Suite.

Potřebná detailní technická data, která nejsou volně k nalezení, byla laskavě poskytnuta panem Ing. Rastislavem Tomanem.

10.1.1. ENGINE

Spalovací motor tvoří srdce každého konvenčního vozidla. V této podsestavě je tedy zdefinován spal. motor, jsou do něj nahrány jeho charakteristiky a potřebné mapy, které bývají nejčastěji zadané pomocí XY a XYZ bodů. Mezi tyto charakteristiky patří např. vnější charakteristika, mapa měrné spotřeby paliva, mapa třecích ztrát motoru, případně mapy chlazení chladicí kapaliny či

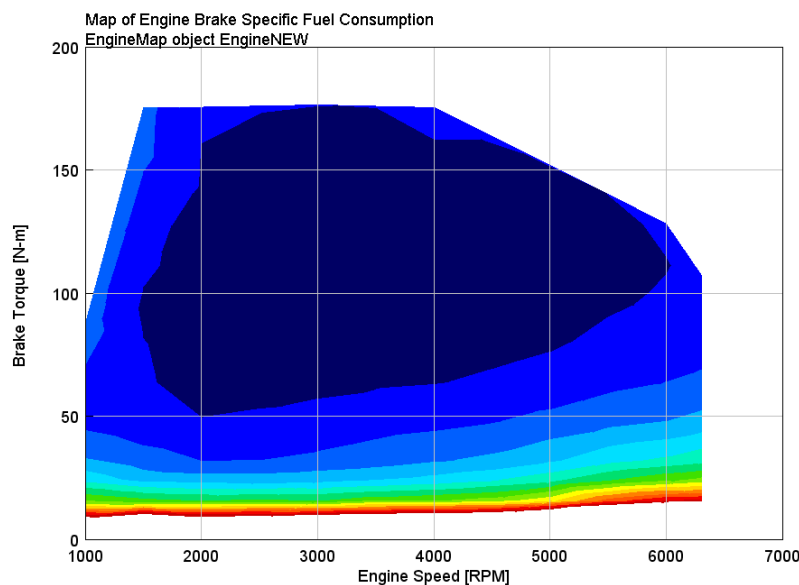


Obr. 22: Vnější charakteristika spalovacího motoru

mapy emisí. Motor je spojen mechanickou vazbou s převodovkou a do motoru přichází signály z podsestavy *DRIVER*, který určuje zatížení motoru.

V našem případě je použit tříválcový motor 1.0 Tsi o objemu 999 cm³, jehož výkon dosahuje 81 kW. Tento motor je nejmenším benzinovým motorem, kterým lze v současné době vybavit dané vozidlo. Jde o motor z řady EA211. [145]

Do této podsestavy jsem zadefinoval objem daného motoru, typ paliva. Na zbylé parametry, které byly potřeba, jsem použil data od Ing. Tomana. Jmenovitě jde o moment setrvačnosti motoru, *Engine Mechanical Output Map*, *Engine Friction Map* a *Fuel Rate Map*. Posledně jmenovaná mapa dává do závislosti otáčky motoru, jeho efektivní tlak a průtok paliva udaný v kg/h. Mapa *Engine Friction Map* dává do závislosti otáčky motoru, moment a efektivní tlak. Tato data mi byla poskytnuta ve formě tabulky Excel, ze které jsem si vybíral příslušné hodnoty do daných map, jsou to změřená data přímo pro tento motor 81 kW. Pro ukázkou je na Obr. 23 ukázána mapa BSFC daného motoru, která se dá vyznačit díky mapě *Fuel Rate Map*. Jsou zde znázorněny dané oblasti, které jsou závislé na otáčkách a momentu. Jelikož jsou tato data tajná, jsou zde ponechány pouze hodnoty otáček a hodnoty momentu, ty jsou zde nechány pro lepší představu rozsahů. Jsou vypnuty popisky a hodnoty barevného spektra BSFC. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou BSFC je 280 g/Kwh, přičemž nejpříznivější oblast je značena tmavě modrou barvou. Pro ukázkou je dále znázorněna vnější



Obr. 23: BSFC mapa daného 81 kW motoru

charakteristika motoru (Obr. 22), na které jsou opět, z důvodu utajení, vypnuty popisky hodnot osy y. Definování pomocí prvku *EngineMap* je doporučováno, oproti prvku *EngineState*, když jsou vyhledávací mapy závislé kromě otáček a zatížení i na dalších proměnných, jako jsou teplota či zařazený převodový stupeň.

10.1.2. TRANSMISSION

Do této podsestavy přichází mechanická vazba od motoru, která představuje přenášený moment. Proto je zde, tak jako u reálného vozu, nejdříve spojka a až poté převodová skříň s jednotlivými převody. Odtud se přenáší moment mechanickou vazbou do další podsestavy. Zde je potřeba předepsat jednotlivé převodové poměry, které mají příslušné převodové stupně. Ohledně

převodových poměrů bylo provedeno hledání, zda jsou tyto informace veřejně dostupné. Byly nalezeny v detailních technických informacích o vozidle, a poté implementovány do tabulek. Jako převodovka byla vybrána automatická 7 stupňová dvouspojková převodovka, ke které byly doplněny jednotlivé poměry a zároveň účinnosti jednotlivých převodových stupňů. Účinnosti nejsou konstantní, ale jsou závislé na otáčkách a na zatížení. Proto se řídí XYZ tabulkou, kde třetí osa určuje výslednou účinnost stupně. Zároveň platí, že pro každý převodový stupeň je tato charakteristika jiná. Dané převodové účinnosti nejsou získané přímo pro daný typ převodovky. Jelikož však tento typ dat není nikde volně dostupný, byly použity tyto. Je však jasné, že pro úplně přesné výsledky by bylo potřeba doplnit účinnosti přímo daného typu převodovky.

Do této podsestavy jsem zadal převodové poměry pro jednotlivé převodové stupně (viz Tabulka 3) a z dat Ing. Tomana jsem zadefinoval jednotlivé účinnosti převodových stupňů. V tomto případě se jedná o typ převodovky DQ200-7F. [145]

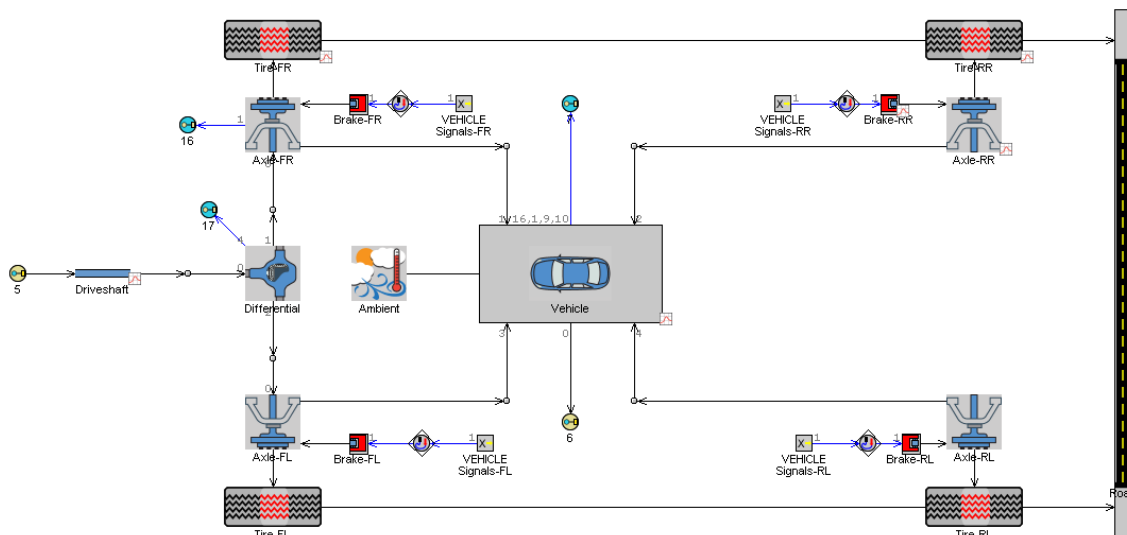
př. stupeň	1	2	3	4	5	6	7
př. poměr	3.765	2.273	1.531	1.133	1.176	0.956	0.795

Tabulka 3: Převodové poměry jednotlivých převodových stupňů [142]

10.1.3. Vehicle_trat-1

Tato podsestava v sobě obsahuje geometrické a fyzikální údaje o vozidle. Na Obr. 24 níže je zobrazeno schéma této podskupiny. Na něm jsou vidět hlavní zbylé součásti vozidla, jako jsou pneumatiky, brzdy a další komponenty. Úplně v pravé části je poté znázorněna vozovka (*Road*), po které vozidlo jede. Do této součásti se poté zadávají výškové profily, či profily stoupání vozovky. Blok *Vehicle* uprostřed obsahuje informace o hmotnostech vozidla a posádky, aerodynamických koeficientech, rozměrech vozidla apod. Vstupní hřídel, který je přiveden z převodovky, se v předním diferenciálu větví k pravému a levému přednímu kolu. Zadní náprava není nijak poháněna od spalovacího motoru ani od elektromotoru. Takový případ by nastal, pokud bychom měli jinou konfiguraci hybridního vozidla, např. P4. V případě konvenčního vozu jsem zadal hmotnost 1301 kg, jak již bylo zmíněno v tabulkách porovnání hybrid vs. konvenční vozidlo. Koeficient odporu C_x je zde 0,245. Je s podivem, že se tento koeficient liší u konvenční a hybridní verze, byť jen o pár setin. Čelní plocha je 2,21 m². Převod v přední rozvodovce je dle oficiálních prospektů výrobce rozlišen podle zařazeného stupně. Hodnota 4,438 je pro stupně 1-4, pro stupně 5-7 je 3,227 a pro zpátečku je 4,176. Tyto hodnoty byly zjištěny při vytváření detailních tabulek a jsou k nalezení na internetu a ocitovány v použitých zdrojích. U předpřipraveného modelu z návrháře byla znázorněna i zadní rozvodovka. V našem uspořádání však zadní rozvodovka fakticky neexistuje. Proto jsem ji, spolu s jejími příslušnými připojenými jednotkami, z této podsestavy odstranil. Hodnotu rozvoru vozidla jsem opět použil z detailní tabulky, tudíž jsem ji zvolil jako 2686 mm. [51], [52], [53], [135], [145]

Účinnost přední rozvodovky (0.97), vzdálenost těžiště od zadní nápravy (1375 mm), poloměr kol (306,9 mm) a dané odpory valení kol byly převzaty z dat od Ing. Tomana.



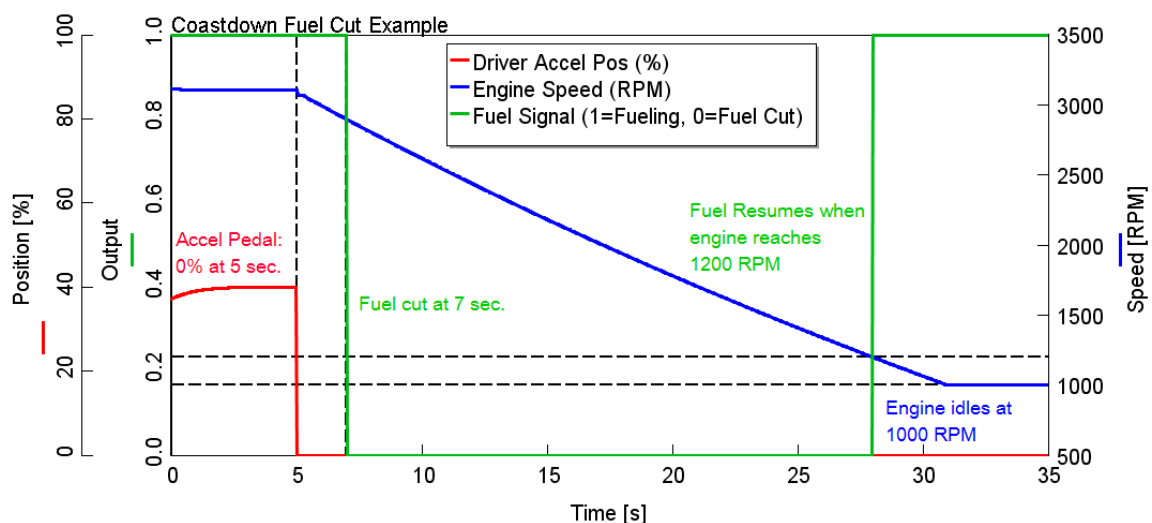
Obr. 24: Schéma Vehicle_trat-1

10.1.4. DRIVER

Tato jednotka je hlavním bodem řízení celého vozidla a představuje fyzického řidiče za volantem. Díky této podsestavě můžeme zařídit, aby vozidlo jelo podle daného rychlostního profilu. Díky informacím z této podsestavy a ze součásti *Road* si program dokáže vypočítat jízdní odpory, se kterými poté pracuje. Vstupní signály, se kterými dále počítá jsou rychlost vozidla, jeho zrychlení, zařazený převodový stupeň či otáčky motoru. Z této jednotky vychází také bezdrátové spojení s monitorem, kde se může zobrazovat např. sešlápnutí pedálu brzdy či akceleračního. Tato podsestava je založena na funkci PID regulátoru, díky kterému je možno sledovat zadaný rychlostní profil. Regulátor na základě regulační odchylky upravuje akční veličinu na výstupu, tak aby vytvořila korekci skutečného stavu k dosažení ideálního stavu. Regulátor byl ponechán tak, jak je předpřipravený z návrhu, stejně tak jeho hodnoty.

10.1.5. ECU

V bloku ECU se mohou nastavovat možnosti ohledně motoru, jako např. jeho volnoběžné



otáčky. Je to v podstatě blok sloužící k řízení motoru. Dále se zde může nastavit přerušení dodávky

Obr. 25: Ukázka přerušení dodávky paliva [GT-Suite]

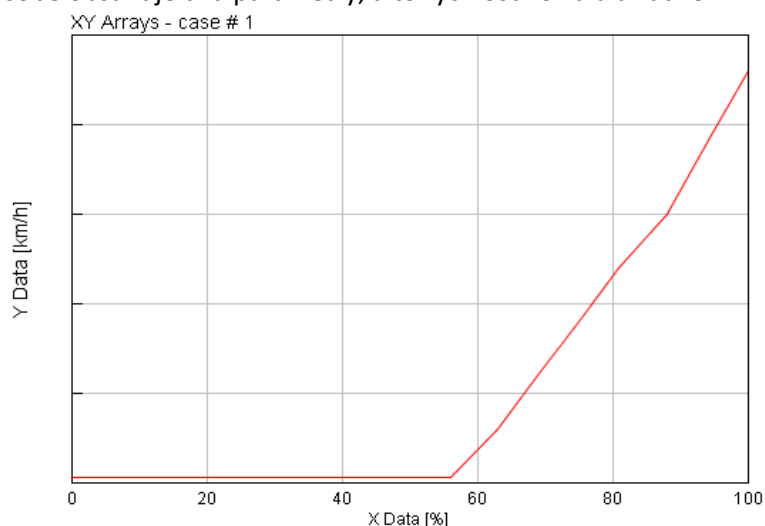
paliva při zpomalování – viz. příklad při zpomalování během výběhu vozidla (Obr. 25), na kterém je velmi dobře ilustrována práce této jednotky. Volnoběžné otáčky motoru jsem zvolil na 1000 RPM.

Je zde graficky ukázáno vypnutí přívodu paliva při zpomalování. V čase 5 sekund je nulové sešlápnutí akceleračního pedálu. Prodleva vypnutí je nastavena na 2 sekundy, a tedy v čase 7 vteřin je přerušena dodávka paliva. Až když dosáhnou otáčky motoru dané hodnoty pro znovuoobnovení dodávky (která je zvolena na 1200 RPM), tak se dodávka paliva obnoví a motor poté běží na volnoběžné otáčky (které jsou zvoleny na 1000 RPM). V ECU jde nastavovat tyto hodnoty dle potřeby, a tak měnit tyto závislosti. Jelikož tato data nejsou nikde dohledatelná, tak byla ponechána data zadaná již v připravené jednotce ECU z GT-Suite.

Jako principu je zde opět využito PID regulátoru, který díky nastavení své proporcionální a integrační složky může např. také kontrolovat, a díky tomu dodržovat, volnoběžné otáčky, které jsou ve shodě s charakteristikou motoru.

10.1.6. TCU

Podsestava TCU je spojena s podsestavou TRANSMISSION a jsou v ní definovány hodnoty potřebné pro řazení. Pro každou rychlost jsou zde definovány tabulky, podle kterých převodovka řadí své stupně. Není to pouze jedna hodnota, neboť u každé rychlosti záleží také na procentuálním zatížení. Pro každou rychlost jsou tedy definovány dvě tabulky, jedna pro řazení nahoru, druhá pro řazení dolů. Každá tabulka v sobě obsahuje dva parametry, a to rychlost vozidla a zatížení.



Obr. 26: Ukázka závislosti rychlosti na stupni zatížení

Ukázka závislosti pro jeden vybraný stupeň při řazení nahoru je přiložena na Obr.26. Tyto hodnoty byly přežaty od pana Ing. Rastislava Tomana, jelikož opět nejsou volně dostupné. Proto byly hodnoty osy y vypnuty a ponechán byl pouze popis této osy, aby byly zřejmé jednotky tohoto parametru. Je zde vidět, že pro nižší zatížení řadí převodovka při nižších rychlostech, což má za důsledek rychlejší řazení a nižší spotřebu. Naopak při požadavku velkého zatížení (např. kvůli vysoké akceleraci) je rychlost pro řazení vyšší, neboť chceme dosáhnout vyššího výkonu. Nesmíme se nechat zmást tím, že křivka leží až do rychlosti cca 55 km/h v blízkosti spodního okraje, což by mohlo svádět k domněnce, že se jedná u nulovou rychlost. Tak tomu však není, jsou pouze vypnuty popisky hodnot osy y. Opět jde zde stejná připomínka, jako u převodovky, dané závislosti řazení nejsou přímo pro tento určený typ převodovky, ale pro podobný, tudíž zde může být výsledná odchylka způsobená i tímto faktorem.

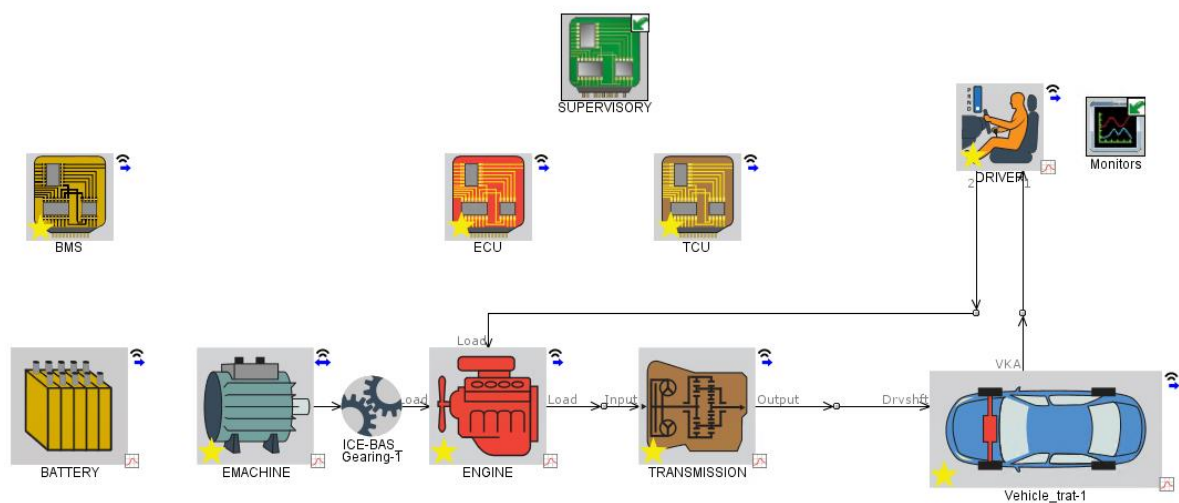
10.1.7. SUPERVISORY

Tato podsestava není u konvenčního vozidla tolik významná, v podstatě jen shromažďuje významné informace ze zbylých podsestav pro lepší přehlednost.

10.1.8. Monitors

Zde si může uživatel pro lepší přehlednost vytvořit parametry, které chce, aby se mu v průběhu simulace vykreslovaly na monitor. Mezi zajímavé může patřit např. zařazený převodový stupeň, rychlost vozidla či otáčky motoru.

10.2. Hybridní model



Obr. 27: Schema modelu hybridního vozidla

Sestava hybridního modelu vypadá obdobně jako model konvenčního vozu, pouze jsou zde přidány další podsestavy. Podsestavy, které byly již popsány u konvenčního vozu, nebudou znovu popisovány. Pokud opět nebude uvedeno jinak, tak byly data a podsestavy ponechány z předpřipraveného modelu, který je již poskytnut v návrhovém prvku GT-Suite.

Hmotnost hybridního vozidla je o 40 kg vyšší než konvenčního, váží tedy 1341 kg. Vzdálenost těžiště od zadní osy nebyla nalezena, proto je zadána stejná hodnota jako u konvenčního vozu. Zbylé hodnoty jsou stejné jako u konvenční verze. [51], [52], [53], [135], [145]

Toto schematické uspořádání je platné pouze pro pozici PO (BiSG).

10.2.1. BMS

BMS slouží k účinnému řízení baterie (sestavy baterií). Má možnost ovlivňovat nabíjení či vybíjení baterie díky limitování požadavků na výkon, proud či maximální nabíjecí a minimální vybíjecí napětí. Vstupními signály jsou zde napětí a vnitřní odpory Tyto parametry získává ze signálů z podsestavy **BATTERY**, pro nabíjení a vybíjení baterie či její maximální možný výkon.

10.2.2. BATTERY

Podsestava **BATTERY** slouží jako úschovna elektrické energie pro hybridní (či elektrická) vozidla. Je zde definována kapacita baterie či počáteční stav nabití. Zároveň obsahuje informace o napětí naprázdno (open circuit voltage) pro nabíjení a vybíjení.

Z detailních tabulek je známa kapacita baterie 13Ah (cca 0,6 kWh), kterou využívá Škoda Octavia, proto byla zvolena tato hodnota. [145]

Z dat od Ing. Tomana byly přežaty zbylé informace o baterii. Je tedy složena ze 14 sériově řazených článků, přičemž napětí jednoho článku je cca 3,6 V. Dále byly přežaty informace o napětích při vybíjení a nabíjení a příslušných odporech jednotlivých článků. Je to tedy model s elektrickým odporem, závislým na SOC a na teplotě. Stejně tak je napětí závislé na aktuálním stavu nabití a teplotě. Jelikož tyto informace nejsou volně přístupné, nebudou zde dané hodnoty uvedeny. Vstupními signály do této podsestavy je zaprvé požadovaný výkon, jež sem přichází z podsestavy BMS. Druhým signálem je teplota, jejíž změny zde byly ignorovány, a ponechána tak na hodnotě 300 K. V žádném zdroji není jasně definováno označení baterie. Zadaná baterie je využívána koncernem Volkswagen a jelikož automobilka Škoda spadá pod tento koncern, je velmi pravděpodobné, že bude využíván tento typ. Proto se dají očekávat velmi podobné hodnoty u reálného vozidla.

Jelikož doporučené pásmo nabití nemá dosahovat ani minima, ani maxima baterie, zvolil jsem požadované hraniční pásmo mezi 0,5-0,7 SOC. Správným zvolením pracovního pásma se dá prodloužit životnost baterie, která se ani příliš nevybíjí, ani nepřebíjí. Díky tomu tak může být schopna dosáhnout delšího provozu. Zvolená hodnota počátečního stavu nabití pro všechny modely a všechny trasy byla zvolena jako 0,65. Tuto hodnotu jsem zvolil pro případ, že by hned na začátku trasy bylo klesání, při kterém lze rekuperovat energii. Kdyby byla zvolena počáteční hodnota stejná jako je maximální možná, tato rekuperace by nebyla možná kvůli omezení horní hranice stavu nabití baterie.

10.2.3. EMACHINE

Tento blok v osobě obsahuje informace o elektrickém stroji jednak ve funkci generátoru, tak motoru. Je zde zdefinována účinnost elektromechanické přeměny. Ta je definována opět pomocí XYZ tabulky, kde výsledná hodnota účinnosti závisí na otáčkách hřídele [RPM] a na momentu [Nm]. Dále se zde definují křivky třetího momentu stroje. Jako další parametry jsou zde definovány křivky maximálního a minimálního brzděného momentu. Tyto poslední tři zmíněné parametry byly převzaty od Ing. Tomana a implementovány do modelu. Zároveň jsem zvolil účinnost měniče na hodnotu 0,97, jelikož měniče dosahují účinnosti vyšší než 95 %. Definice třetího momentu je vyjádřena násobením konstanty motoru a naměřeného napětí naprázdno a bere v potaz důsledky tření například sběrných kroužků a kartáčů. [146]

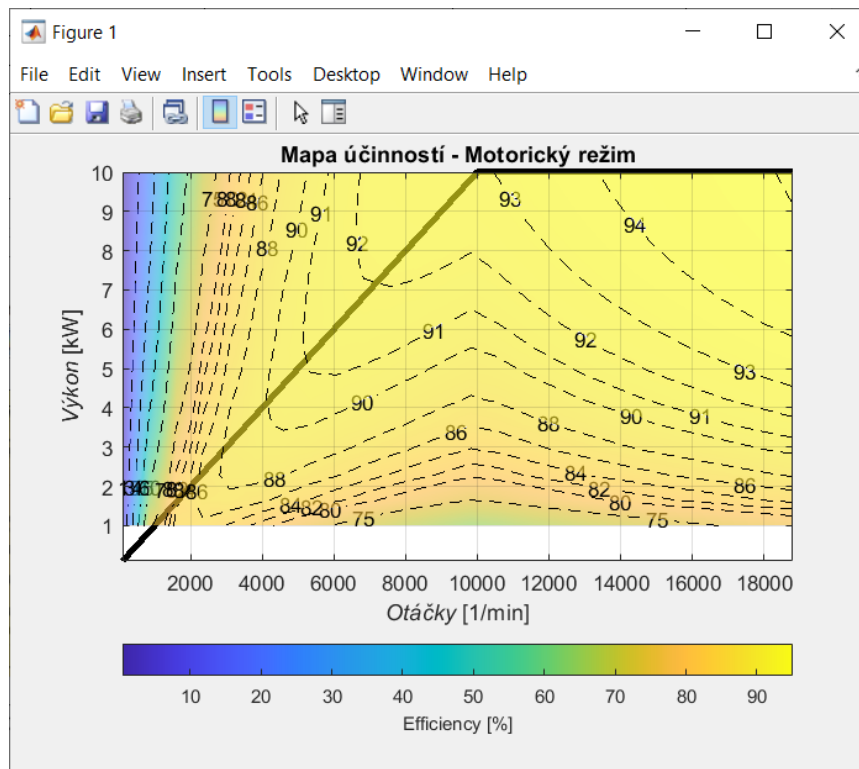
Detailní informace o parametrech elektromotorů jsou výrobním tajemstvím automobilek, nejsou tedy volně dostupné v literatuře či na internetu. Proto se musí volit jiné druhy získání potřebných hodnot, které jsou vyžadovány pro správný a realistický průběh simulace. V našem případě byl na výpočet účinnosti elektrického stroje převzat výpočet charakteristiky náhradního elektromotoru podle metodiky prof. Jaroslava Nováka, který použil ve své diplomové práci Ing. Jan Macháček. Výpočet byl převzat jako kód v programu Matlab, následně došlo ke změně některých hodnot. Hodnota jmenovitého momentu byla změněna z původní hodnoty 9,5 Nm na hodnotu 15 Nm, jelikož tato hodnota je velmi častá u 48 V hybridů. Zároveň byla snížena hodnota momentové přetížitelnosti z hodnoty 3 na hodnotu 1. Přetížitelnost byla přepsána z důvodu omezení maximálního výkonu, jelikož pro 48 V Mild-hybridní systém je udávána maximální hodnota 10-15 kW. Maximální otáčky byly změněny na hodnotu 18 804, neboť z dat od Ing. Tomana jsou k dispozici charakteristiky až pro tuto hodnotu otáček. Poté bylo provedeno spuštění tohoto kódu, po jehož ukončení byly získány požadované parametry. Informace o užitém el. stroji jsou zobrazeny na následující tabulce (Tabulka 4). [136]

Typ:	48 V BSG synchronní elektromotor s permanentními magnety		
Jmenovitý výkon	P_n	10	[kW]
Jmenovité otáčky	n_n	10 000	[1/min]
Maximální otáčky	n_{max}	18 804	[1/min]
Napětí baterie	U_{bat}	48	[V]
Jmenovitý moment	M_n	15	[Nm]
Momentová přetížitelnost	M_{maxrel}	1	[-]
Maximální moment	M_{max}	15	[Nm]
Jmenovité sdružené napětí	U_{1n}	34	[V]
Jmenovité fázové napětí	U_{faz}	20	[V]
Účinnost	$\cos \phi$	0.92	[-]
Jmenovitý proud	I_{1n}	205	[A]
Maximální proud	I_{max}	205	[A]
Počet pólů	S	2	[-]
Jmenovitá frekvence	f_n	167	[Hz]
Maximální frekvence	f_{max}	264	[Hz]

Tabulka 4: Parametry užitého 48 V elektrického stroje

Po výpočtu daného programu byly získány mapy účinností elektromotoru. Pro názornou ukázkou je uvedena mapa účinností ze zadaných hodnot pro motorický režim.

Zároveň s mapou byly v programu vypočteny jednotlivé hodnoty, ze kterých se vybraly potřebné hodnoty a následně se implementovaly do prostředí programu GT-Suite, do příslušné XYZ tabulky.



Obr. 28: Mapa účinností pro motorický režim [Matlab]

10.2.4. ICE-BAS-Gearing-1

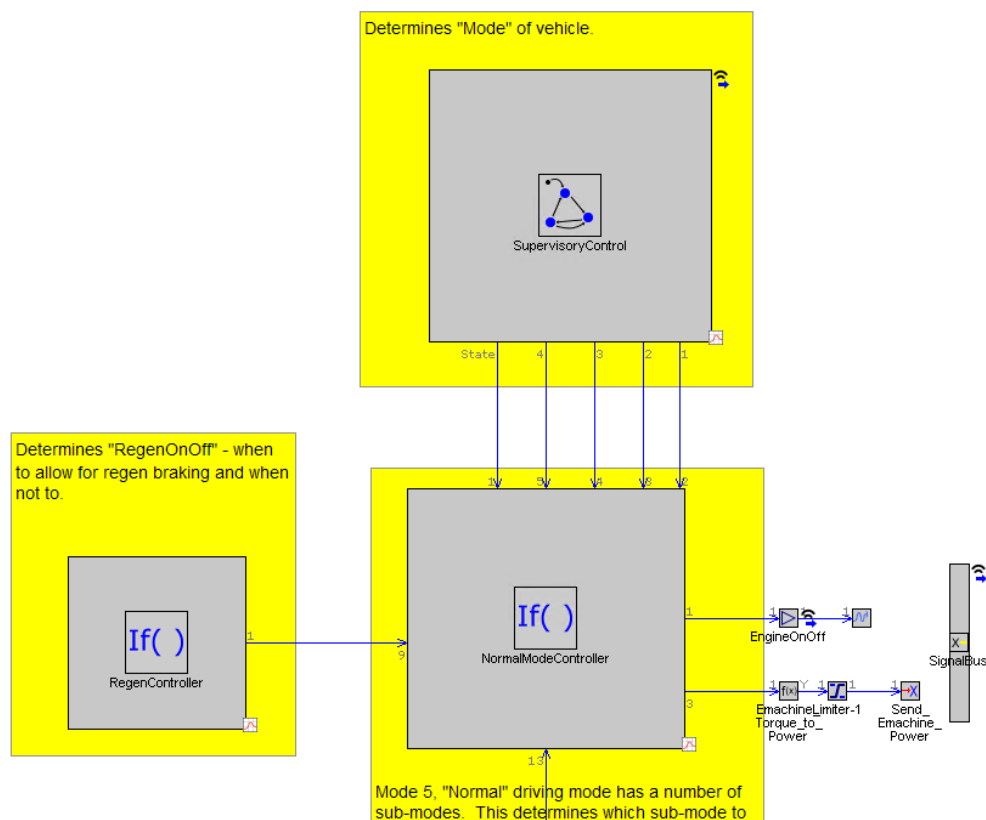
Tato komponenta mechanicky spojuje elektromotor se spalovacím motorem. Je zde definován převodový poměr mezi oběma motory, v našem případě byla použita hodnota poměru $i = 2,8929$. Tato hodnota, ač byla velmi podrobně hledána, nebyla nalezena ani v oficiálních materiálech Škoda, ani na internetu. Proto byla tato hodnota přejata od Ing. Tomana. Tato hodnota nemusí být přesně shodná s reálným vozem, ale neměla by být až tolik diametrálně rozdílná, neboť se dají očekávat obdobné převodové poměry pro vozidla podobných parametrů. Mělo by také být dosaženo vysoké účinnosti elektrického stroje při běžných rychlostech vozidla, ve kterých se pohybuje většinu svého provozu.

Zároveň s ním je zvolena účinnost přenosu momentu mezi motory. Na toto spojení bývá nejčastěji využito vícedrážkový klínový řemen, u kterého se mechanická účinnost přenosu uvádí v rozmezí 95 - 98 %. Z tohoto závěru byla zvolena hodnota mechanické účinnosti jako 0,95.

10.2.5 SUPERVISORY

Supervisory je zde, oproti konvenčnímu vozidlu, velmi důležitou součástí. Právě zde jsou totiž zapsány módy, podle kterých se řídí vozidlo.

Hlavní částí jsou 3 bloky, které jsou zvýrazněny žlutým obdélníkem. Blok *Regencontroller* podmiňuje, za jakých podmínek je povoleno, či naopak zakázáno regenerační brzdění. Omezení zde je zejména když je aktuální SOC vyšší než nastavený limit pro regeneraci. Je zde také rozděleno, kdy má být čistá regenerace a kdy má být brzdny účinek kombinací od elektromotoru a frikčních brzd. Blok *SupervisoryControl* podmiňuje, v jakém módu se vozidlo nachází. Tím jsou myšleny různé kombinace motoru a vozidla, např. stojící vozidlo a vypnutý motor, stojící vozidlo a zapnutý motor, jedoucí vozidlo a zapnutý motor. K nim jsou zapsány v tabulce požadované momenty od daných strojů (spalovací motor, elektromotor, stav motoru – zapnutý/vypnutý...). Pro ostatní stavy je zde napsán stav 5, který je zvlášť definován v bloku uprostřed (*NormalModeController*). Tento mód 5 má několik podmódů, díky kterým se jednotlivé strategie liší. Do tohoto bloku přichází signály od bloku



Obr. 29: Podsestava SUPERVISORY

RegenController a SupervisoryControl. Naopak výstupy jsou ovládání zapínání a vypínání spalovacího motoru a požadavek na moment od elektromotoru.

Jednotlivé strategie jsou psány pomocí podmínek pro dané stavy vozidla. Jako vstupy si může uživatel zvolit prakticky všechny parametry, které potřebuje, od elektromotoru, spalovacího motoru, vozidla, baterie, či jiných komponent. Pro náš model byly ponechány vstupy z předpřipraveného templatu. Pouze jsem dodefinoval vstup od signálu akcelerace vozidla, který je potřebný pro strategii 2. Jako výstupy jsou zde poté vytvořeny ovládání zapínání a vypínání spalovacího motoru, požadavek momentu od elektromotoru, požadavek momentu od spalovacího motoru nebo moment od frikčních brzd. Podmínky jsou definovány funkcí *if*, pokud skutečnost nevyhovuje první podmínce, tak je zde doplněna další podmínka, která je definována funkcí *elseif*. Těchto *elseif* podmínek může být nekonečně mnoho, s každou další se však výpočet stává složitějším, neboť program musí projít všechny podmínky pro vyhodnocení té správné. Pokud ani jedna z předchozích podmínek nevyhovuje aktuálním parametrům vozidla, je na konci přidána podmínka *else*, která zahrnuje všechny ostatní možné případy. V našem případě, pokud takový stav nastane, tak vozidlo jede stejně jako konvenční vůz neboli všechny potřebný moment obstarává pouze spalovací motor. Tyto funkce jsou zapsány do bloku NormalModeController. V bloku Regencontroller jsou obsaženy podmínky, kdy je možné regenerační brzdění. A v bloku SupervisoryControl jsou zapsány „konvenční“ módy vozidla, jako jeho start či běh na volnoběžné otáčky.

10.3. Strategie řízení

Byly vybrány 3 strategie, podle kterých se má vozidlo řídit, z nichž jedna je vlastní tvorby. Jedna z nich je strategie ECMS, zbylé dvě jsou heuristické metody, tzv. „rule based“. U nich jsou jasně definované podmínky a hranice, kterými jsou jednotlivé módy ohraničeny a řízeny.

10.3.1 ECMS

ECMS (Equivalent consumption minimization strategy) je online strategie, která je velmi účinná pro řízení strategie hybridních vozidel. Její výsledek však vede pouze k lokální optimalizaci v každém kroku řešení. Je principiálně založena na PMP (Pontryagin's Minimum Principle), který se obecně zabývá minimalizací.

K využití této strategie jsem převzal model od Ing. Tomana, ve kterém je tato strategie zapsána. Všechny ostatní hodnoty modelu (hmotnost, C_x , ...) byly změněny tak, aby měly stejné hodnoty, které byly nalezeny ve zdrojích. [51], [52], [53], [135], [145]

Její princip spočívá ve vyhodnocování každého jednotlivého časového okamžiku, kdy se vybírá nejvhodnější možná kombinace daných parametrů. Výsledkem je poté snaha o co nejlepší kombinaci pro dosažení co nejnižší cenové funkce. V každý okamžik se tedy vytvoří kombinace spotřebovaného paliva a tomu odpovídající ekvivalentní spotřeby chemické energie z baterie. Tuto chemickou energii je dále možno penalizovat pomocí ekvivalentního faktoru. Díky této relativně složité matematické operaci je její čas na zpracování delší než u jednodušších strategií, lze s ní však teoreticky dosáhnout příznivějších výsledků. Jejím největším nedostatkem je potřeba nalezení správného ekv. faktoru, který zajistí správné využití obou energií. Jak bylo zmíněno výše, vede pouze k lokální optimalizaci v každém kroku řešení, ke globální je využíváno např. dynamické programování. V poslední době se tato metoda rozšiřuje o nové poddruhy, kterými jsou např. S-ECMS (Stochastic), která je nastavena tak, aby předvídala následující jízdní podmínky a z nich dokázala vyvodit správný ekv. faktor. Dalším poddruhem je např. A-ECMS (Adaptive), která odhaduje parametry na základě minulých jízdních podmínek, či pomocí GPS. [137]

ECMS se řídí na základě těchto dvou rovnic,

$$\dot{m}_{eqv}(t) = \dot{m}_f(t) + \frac{s(t)}{Q_{lhv}} \cdot P_{batt}(t) \cdot p(SOC) \quad (5)$$

$$p(SOC) = 1 - \left(\frac{SOC(t) - SOC_0}{(SOC_{max} - SOC_{min})/2} \right)^\alpha \quad (6)$$

kde $\dot{m}_{ekv}(t)$ je ekvivalentní spotřeba, \dot{m}_f je okamžitá spotřeba spalovacího motoru, $s(t)$ je ekv. faktor, Q_{lhv} je spalné teplo paliva, α je exponent penaltové funkce, SOC_{max} je maximální povolený stav nabití baterie, SOC_{min} je minimální povolený stav nabití baterie, $SOC(t)$ je aktuální stav nabití baterie, SOC_0 je požadovaný koncový stav nabití baterie a P_{batt} je aktuální výkon baterie.

Exponent penaltové funkce α je pro tento typ zvolen na hodnotu 3. Hodnoty SOC_{max} a SOC_{min} jsou shodné s dříve zapsanými hranicemi neboli $SOC_{max} = 0,7$ a $SOC_{min} = 0,5$, SOC_0 je stanoven na 0,65, jak již bylo také dříve zmíněno. Q_{lhv} benzínu jsem zvolil jako 43,950 MJ/kg. [147]

Pro náš výpočet byl využit základní tvar strategie ECMS (tudíž ani A-ECMS ani S-ECMS). Pomocí správného ekv. faktoru lze dosáhnout ideálního stavu, kdy bude finální SOC roven počátečnímu. Snaha je co nejvíce se přiblížit tomuto stavu. Proto bylo u každé trasy provedeno hledání optimálního ekv. faktoru. V žádném případě se nepovedlo dosáhnout stejného koncového a počátečního stavu nabití. Proto byl nejvhodnější ekv. faktor posuzován dle parametru *Depleted or added energy*, který ukazuje, jak velká část energie byla spotřebována nebo dodána. Byl vybrán takový ekv. faktor, pro který byla tato hodnota nejbližší nulové hodnotě. Ekv. faktory pro dané trasy jsou následující:

Trasa	1	2	3	4
Ekv. faktor	5.04	3.18	3.411	3.94

Tabulka 5: Ekv. faktory pro dané trasy

Strategie 1 a 2

Tyto strategie jsou založeny na heuristickém přístupu, ve kterém jsou definovány podmínky jednotlivých jízdních provozů. Pokud se aktuální hodnoty parametrů shodují s přednastavenými, pak vozidlo je v režimu, do kterého tyto hodnoty spadají. Pokud se aktuální hodnoty změní a nevyhovují již danému režimu, podle daných přednastavených hodnot se opět vyšetří nový stav a opět se změní jízdni režim a takto se vše opakuje. Tyto strategie jsou graficky znázorněny na následujících stranách. Strategie 1 byla převzata z programu GT-Suite, kde je již předpřipravena a nebyla tedy nutnost znovu zapisovat její *if, elseif* podmínky. Tyto podmínky jsou vyhodnocovány v časových krocích, kde krok je nastaven již z GT-Suite na 0,01 a tudíž nebyla potřeba ho dále zmenšovat.

Strategie 2 je samostatně napsána, její rozhodovací hranice jednotlivých módů byly na počátku vytyčeny pomocí vlastního odhadu tak, aby dávaly rozumné předpoklady ke správnému řešení. Vložil jsem do bloku Supervisory nový blok *NormalModeController* a dopsal do něj nové podmínky *if, elseif* tak, aby vyhovovali pravidlům strategie 2. V průběhu jednotlivých testovacích simulací byly hranice měněny a upravovány tak, aby nedocházelo k chybám a zároveň se zvětšoval rozdíl mezi touto hybridní kombinací a konvenčním vozidlem.

10.3.2 Strategie 1

Tato strategie je v porovnání se strategií 2 střídmější v ohledu frekvence využívání pomocného momentu od elektromotoru. Tzv. „Torque Assist“ mód se aktivuje v případě, že je aktuální SOC vyšší, než je hodnota SOC_tq_Assist a polovina požadovaného momentu od řidiče je menší než maximální možný moment elektromotoru. Poté se požadovaný moment rozdělí mezi spalovací motor a elektromotor, a to v poměru 50:50, neboli každý zdroj zajišťuje polovinu požadovaného momentu. Zároveň jsou zde zdefinovány podmínky pro módy brzdění a rekuperace, dle podmínek aktuálních požadovaných momentů, což je znázorněno na schématu na straně 43. V případě, že se hodnoty nepohybují v žádném módu, je vozidlo v módu jako konvenční vozidlo.

10.3.3 Strategie 2

Strategie 2 je založena na snaze co nejčastěji využívat přídavný moment od elektromotoru. Jako hlavní kritérium zde bylo zvoleno zrychlení vozidla. Pokud je zrychlení větší než hodnota $0,1 \text{ m/s}^2$ a jsou-li splněny další podmínky (např. SOC vyšší než jeho spodní hranice), tak elektromotor vždy připojuje svůj výkon. Jelikož pomocný moment má nejvyšší význam v nižších rychlostech, jsou zde zdefinovány dvě oblasti, které se dělí podle aktuální rychlosti vozidla. Pro nižší rychlost je moment od elektromotoru roven jeho maximální hodnotě, pro vyšší rychlost je tato hodnota pouze je 75 % maxima. Pro zrychlení, která jsou menší než 0 m/s^2 jsou definovány opět dva módy, a to podle požadovaného momentu od řidiče. Pokud je tento moment vyšší, než je minimální moment elektromotoru, pak nastává čistá regenerace, neboť elektromotor je schopen ubrzdít celé vozidlo sám bez potřeby třecích brzd. Pokud je však hodnota požadovaného momentu nižší, než je minimální moment elektromotoru, pak je potřeba připojení třecích brzd a rozdělení potřebného brzdného momentu mezi tyto dvě komponenty. Pro dosažení co nejvyšší získané energie je v tomto případě vždy moment rozdělen tak, aby elektromotor pracoval při svém nejnižším možném momentu a zbytek brzdného momentu obstarávaly třecí brzdy. V případě že se vozidlo pohybuje v hodnotách, které nesplňují podmínky pro žádnou kategorii (např. zrychlení mezi 0 a $0,1 \text{ m/s}^2$) je vozidlo v módu, který je stejný jako konvenční vozidlo. Poté co se hodnoty změní a již spadají do předpřipravených kategorií, vozidlo jede v hybridním módu. Strategie 2 byla poté ještě modifikována na další dvě strategie, podle rozdělovací hranice rychlosti (původní 60 km/h a poté upravené na 40 km/h a 20 km/h). Tyto modifikace jsou označeny Strat. 2-60, Strat. 2 -40 a Strat. 2-20.

Vysvětlivky k použitým zkratkám a názvům ze schémat na dalších stranách:

Driver torque – požadovaný moment od řidiče (DRIVER), značen také Dr. tq.

ICE_min_tq – minimální moment od spalovacího motoru při dané rychlosti

ICE_max_tq – maximální moment od spalovacího motoru při dané rychlosti

SOC – aktuální stav nabití baterie (State of Charge)

SOC_tq_Assist – minimální hodnota SOC, potřebná pro Torque Assist [0.6 SOC]

EM max tq. – maximální moment od elektromotoru při dané rychlosti

EM min tq. – minimální moment od elektromotoru (neboli maximální možný v režimu generátor)

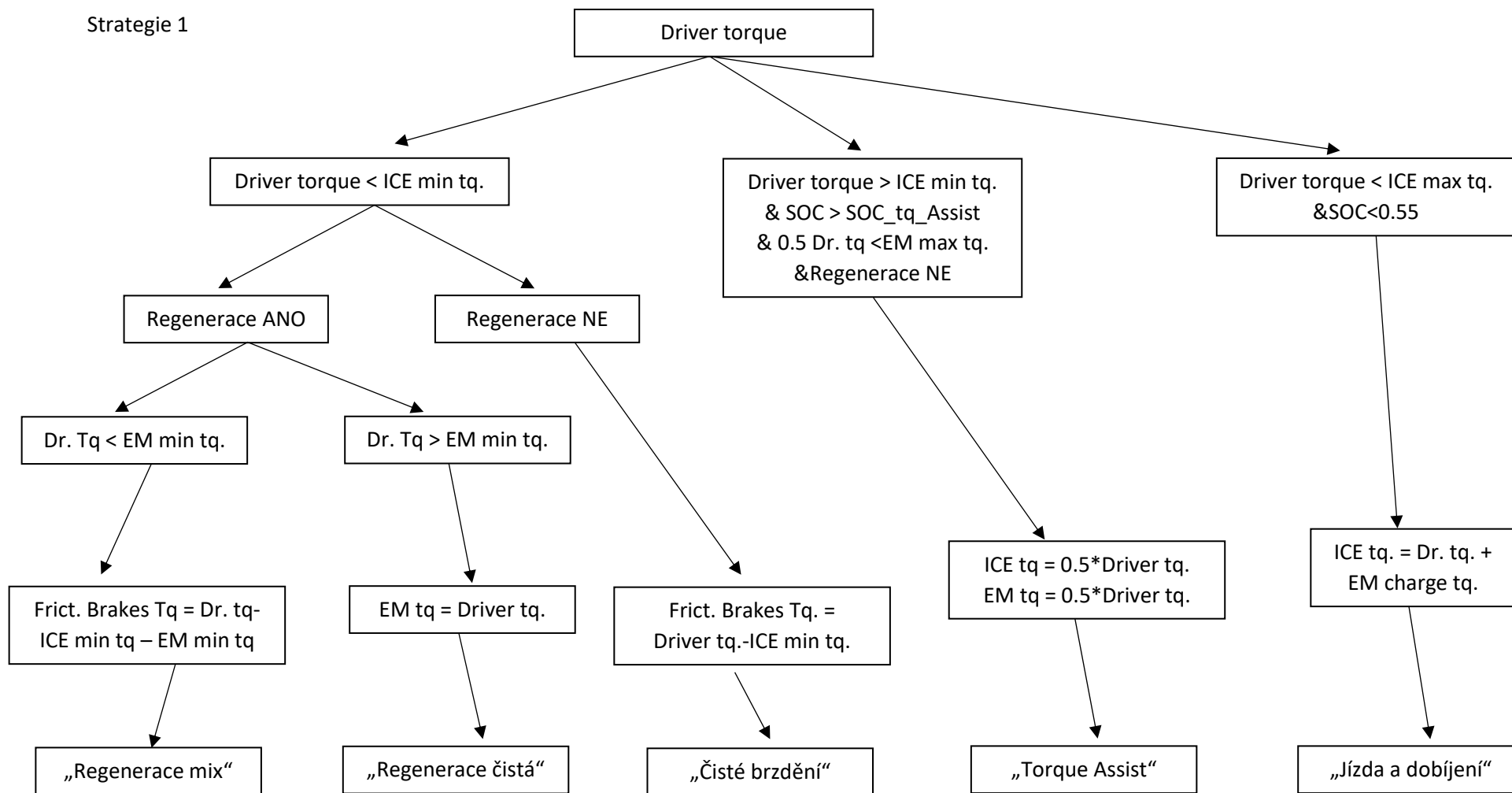
FRICT. Brakes Tq – moment od frikčních brzd

EM charge tq. – moment pro dobíjení elektromotoru za jízdy (např. kvůli nízkému stavu SOC)

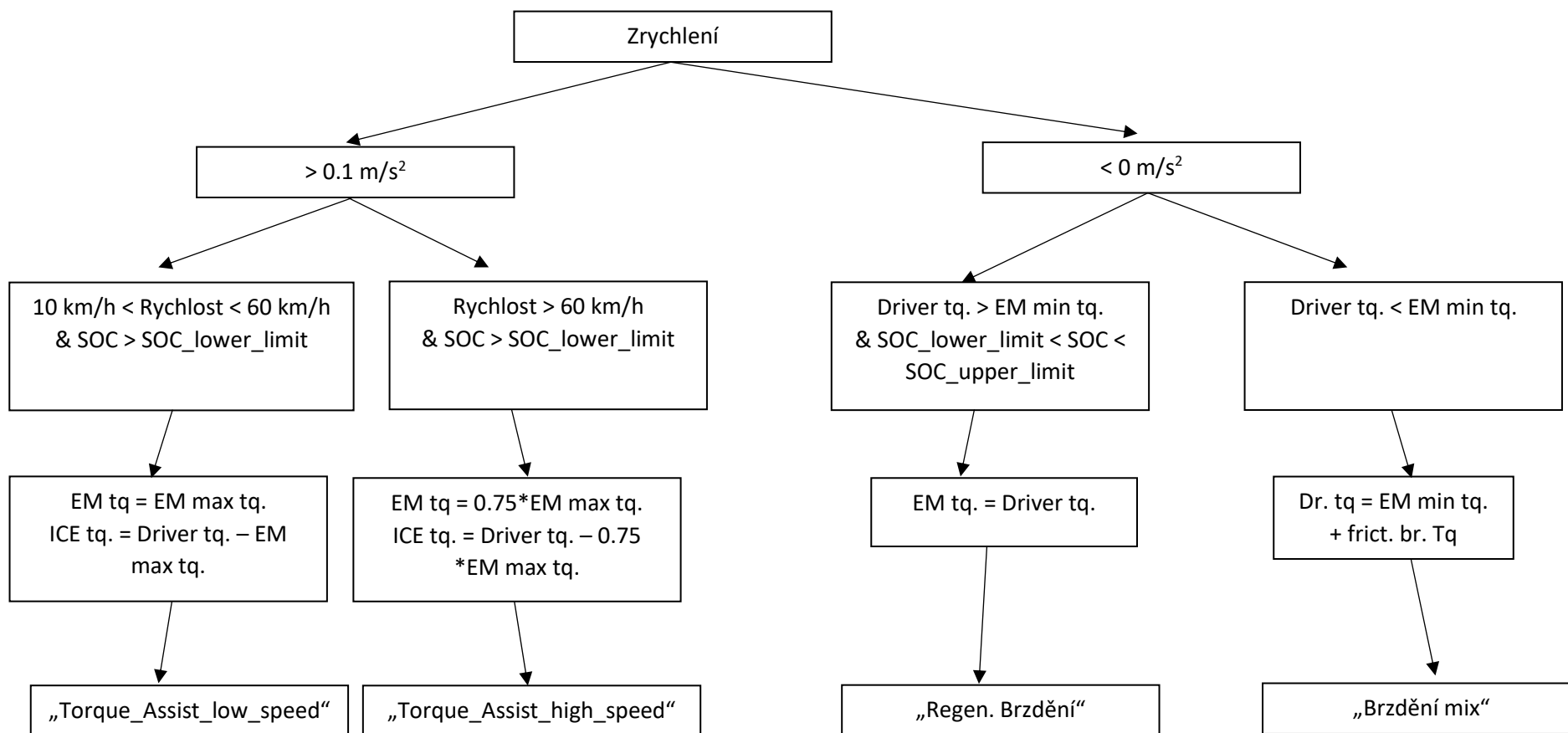
SOC_lower_limit – spodní hranice SOC [0.5 SOC]

SOC_upper_limit – horní hranice SOC [0.7 SOC]

Strategie 1



Strategie 2



11. Trasy

11.1. Trasa 1

Trasa 1 byla vybrána jako cyklus WLTC. Tento cyklus je jedna ze součástí přepisu WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure), což je nový homologační emisní předpis, který nahradil dříve používaný předpis NEDC (New European Driving Cycle), jež byl naposled aktualizovaný již v roce 1997. Test WLTP se nyní skládá z testu WLTC (World Harmonized Light Vehicle Duty Test Cycle) a RDE testu (Real Driving Emission). Tento předpis je zaveden od září roku 2018 zejména pro dosažení reálnějších výsledků spotřeb, udávaných u nových automobilů. Dříve se stávalo, že udávané spotřeby paliva neodpovídaly výsledkům dosaženým v reálném provozu. Velmi často tedy byly udávané spotřeby o mnoho nižší, než jaké byly skutečné.

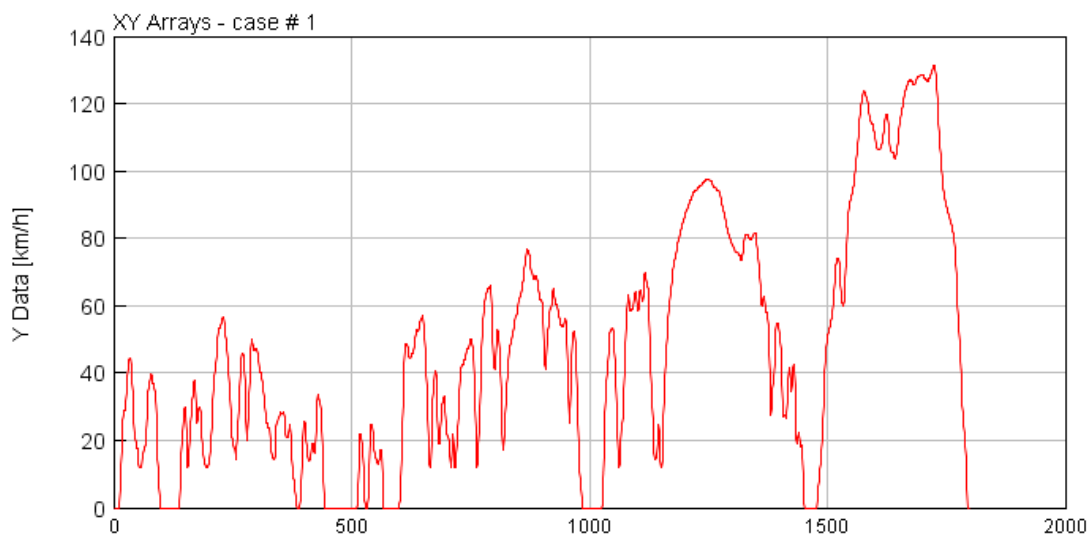
Zkouška WLTC je oproti NEDC mnohem komplexnější a zejména mnohonásobně dynamičtější, zároveň trvá delší časový interval. Celý test trvá 1800 sekund, během kterých vozidlo ujede 23,266 km. Maximální rychlost vozidla je omezena na 132 km/h. I přes prodloužení doby na 1800 není však zárukou bezchybných výsledků. Vozidla jsou rozdělena do 3 kategorií, dělených podle výkonové hmotnosti a jejich maximální rychlosti.

První kategorie obsahuje vozidla s výkonovou hmotností menší nebo rovno 22 W/kg. Test u této kategorie je poté proveden ve třech režimech zatížení – nízké, střední a vysoké.

U druhé kategorie (výkonová hmotnost 22-34 W/kg) je již používán test se čtyřmi fázemi zatížení, tři jsou stejné jako u první kategorie (nízké, střední, vysoké) ke kterým se přidá ještě extra vysoké zatížení.

Třetí kategorie obsahuje vozidla, která mají výkonovou hmotnost vyšší než 34 W/kg. Tato kategorie obsahuje většinu nově prodávaných vozidel. Dále se tato kategorie dělí na dvě podkategorie, a to podle maximální rychlosti, kde je dělící hranice stanovena na 120 km/h. Fáze cyklu jsou obdobné jako u druhé kategorie, tudíž jsou testovány 4 fáze zatížení.

Zkouška se provádí na válcové zkušebně, kde se dynamometry nastaví pro dané vozidlo. Hmotnost testovaného vozidla se určí jako provozní hmotnost (řidičova hmotnost je určena jako 75 kg) a k ní se



Obr. 30: Rychlostní profil Trasy 1

dále připočítá hmotnost nákladu, která činí 200 kg. Tato zkouška obsahuje pouze rychlostní profil, není zde tedy žádný výškový profil, který by zohledňoval výškové převýšení během jízdy.

Na Obrázku 30 je zobrazen rychlostní profil cyklu. Tento cyklus je vybrán pro vozidlo kategorie 3, tudíž lze vidět 4 fáze zatížení, jak již bylo zmíněno v textu výše. Na ose x je vynesena čas v sekundách, jehož maximální hodnota je 1800 s. Na ose y je vynesena rychlost v km/h. Fáze zatížení jdou v pořadí nízké, střední, vysoké a extra vysoké, což lze snadno rozpoznat z rychlostního profilu. Jednotlivé fáze trvají různě dlouhé intervaly. Detailní informace o jednotlivých intervalech jsou zobrazeny v tabulce 5 níže. Průměrná rychlost v tomto testu činí 46,5 km/h.

zatížení	<i>nízké</i>	<i>střední</i>	<i>vysoké</i>	<i>extra vysoké</i>	<i>celkový výsledek</i>
doba testu [s]	589	433	455	323	1 800
doba stání [s]	150	49	31	8	235
ujetá vzdálenost [m]	3 095	4 756	7 162	8 254	23 266
poměr doby stání	26.5 %	11.1 %	6.8 %	2.2 %	13.4 %
max. rychlost [km/h]	56.5	76.6	97.4	131.3	
max. zrychlení [m/s²]	1.5	1.6	1.6	1	
prům. zrychlení [m/s²]	0.48	0.44	0.37	0.3	

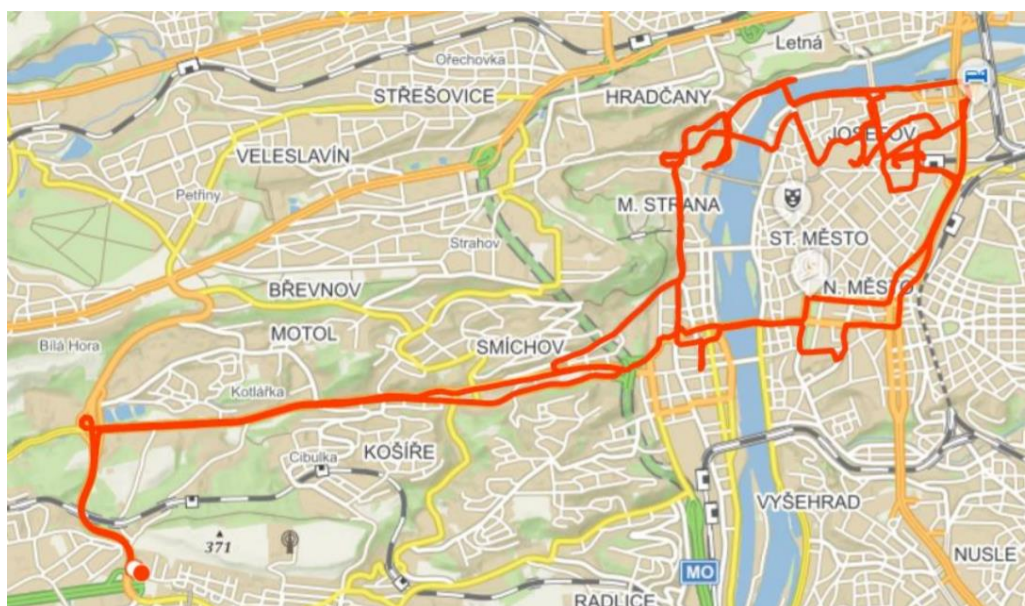
Tabulka 6: Jednotlivé intervaly cyklu WLTC

[138]

11.2. Trasa 2

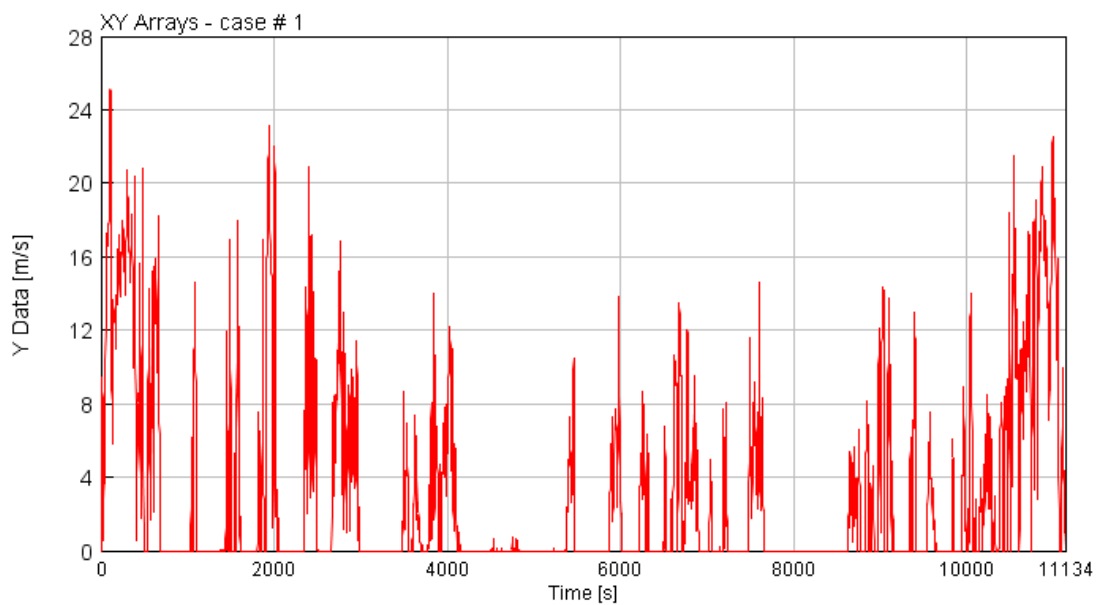
Trasa 2 byla vybrána jako městská trasa. Byla použita trasa z diplomové práce Ing. Tomáše Diviše. [139]

Tato trasa je využívána pro rozvoz pekařských výrobků a je rozkouskována častými zastávkami, při kterých probíhá vykládka zboží. U této trati je tedy teoretický předpoklad největší možnosti úspory paliva hybridního vozu oproti konvenčnímu. Celkový čas jízdy po této trase je 11 134 sekund, přičemž průměrná rychlost je 10,98 km/h. Tato rychlost je nízká, díky velkému počtu zastávek, z nichž některé trvaly dlouhou dobu, což je viditelné na rychlostním profilu, Obr 32. Na ose x je opět čas v sekundách a na ose y je vynesena rychlost v km/h. Celková ujetá vzdálenost činí 33,756 km.

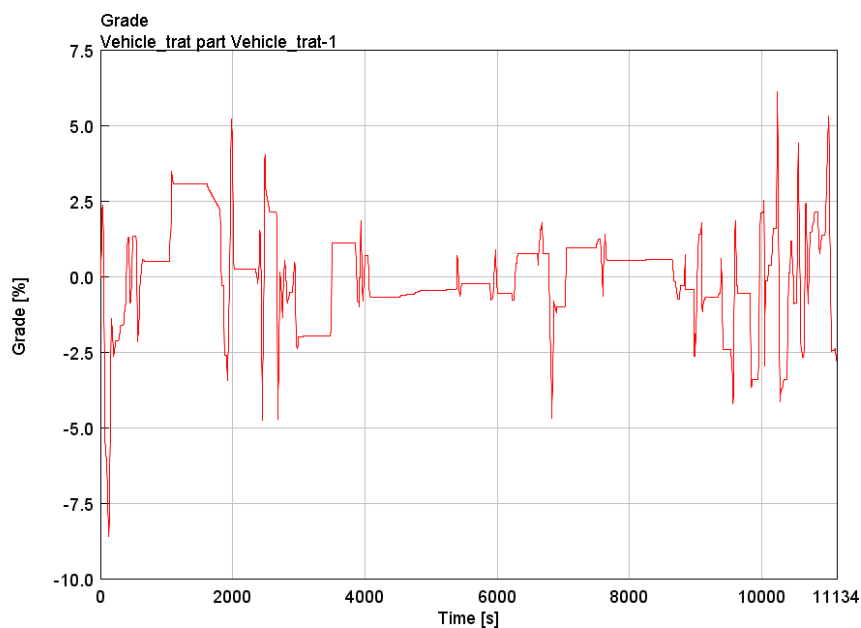


Obr. 31: Mapa Trasy 2 [139]

Obr. 33 znázorňuje výškový profil trasy 2. Na ose x je vyneseno čas v sekundách a na ose y je vyneseno stoupání vyjádřené v procentech. Na tomto grafu lze vidět že vozidlo začínalo a končilo svou trasu ve stejném bodě, jelikož počáteční a koncový bod leží ve stejné výšce. Stoupání v procentech bylo vypočteno díky znalosti rozdílu nadmořských výšek jednotlivých bodů a jejich vzdálenosti. Z grafu lze vyčíst že se jedná o relativně rovinatou trasu, kde nebývají žádná extrémní stoupání či klesání. Bylo vycházeno z naměřených hodnot, jejichž průběh nebyl nijak filtrován. S tím jsou spojeny i nereálné hodnoty výškového profilu, které jsou způsobeny chybou měření a mohou ovlivňovat výsledky. [139]



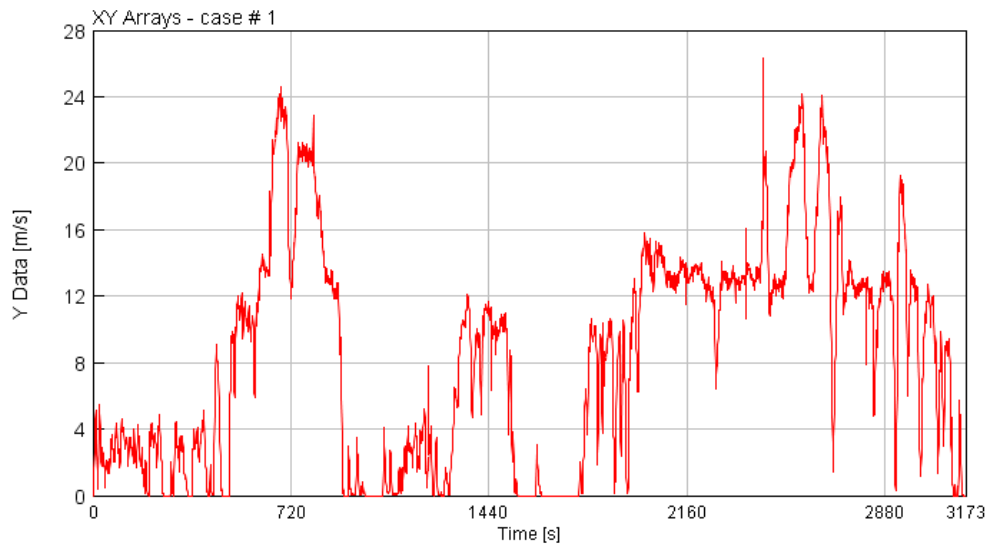
Obr. 32: Rychlostní profil Trasy 2



Obr. 33: Výškový profil Trasy 2

11.3. Trasa 3

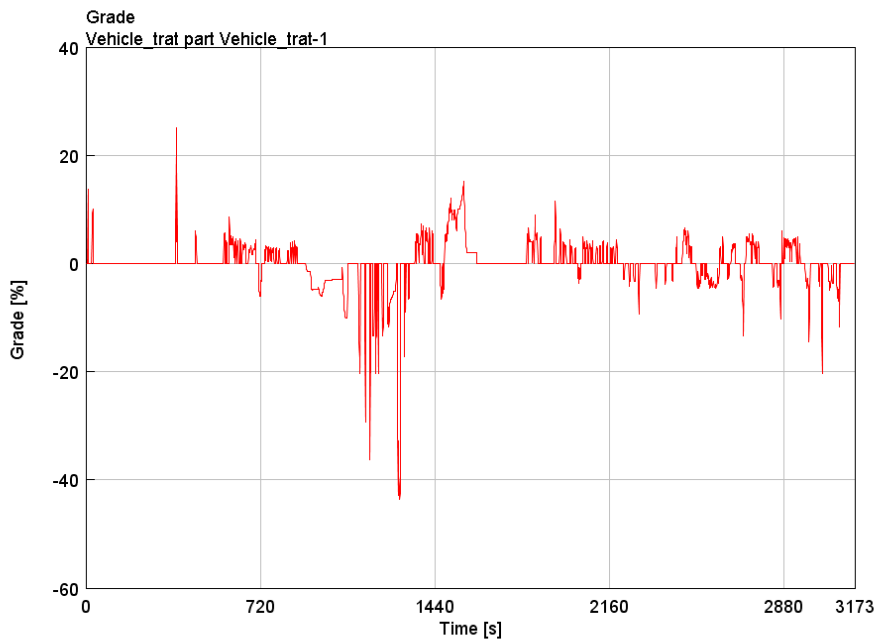
Jedná se o trasu z Prahy do Kostelce nad Černými lesy. Data k této trase byla poskytnuta panem Ing. Vojtěchem Klírem, Ph.D. Jedná se především o mimoměstskou trať, na které je minimum zastávek či výrazných zpomalení a z velké části je rychlost víceméně konzistentní. Níže je rychlostní profil dané trasy. Osa x opět značí dobu jízdy v sekundách, osa y aktuální rychlost v km/h.



Obr. 34: Rychlostní profil Trasy 3

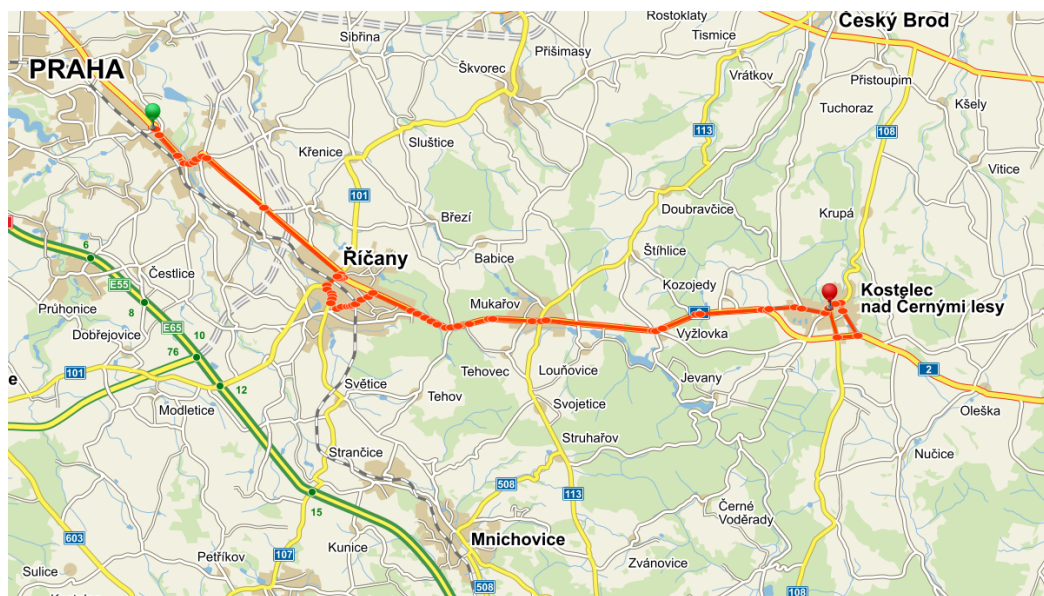
Maximální dosažená rychlost v tomto cyklu vystoupala na hodnotu 96,8 km/h, průměrná hodnota rychlosti činila 29,79 km/h. Celková doba jízdy v tomto cyklu trvala 3173 sekund.

Celková vzdálenost trasy 3 činí 26,426 km.



Obr. 35: Výškový profil Trasy 3

Z výškového profilu lze vyčíst že se zde objevuje několik míst, kde hodnota stoupání dosahuje vysoké hodnoty. Jelikož pracujeme s naměřenými hodnotami, lze to přičíst nepřesnému odečtení rozdílu nadmořské výšky, které vozidlo ujelo za daný rozdíl vzdálenosti. Ostatní hodnoty se pohybují v přijatelných hodnotách. Počáteční a koncový stav neleží ve stejné nadmořské výšce, jelikož se jedná o dvě rozdílná místa. Stoupání v procentech bylo vypočteno díky znalosti rozdílu nadmořských výšek jednotlivých bodů a jejich vzdálenosti. Počáteční nadmořská výška je 283,8 m.n.m. a nadmořská výška koncového bodu ční ve výšce 398,8 m.n.m, tudíž výškový rozdíl je 115 metrů.



Obr. 36: Mapa Trasy 3

11.4. Trasa 4

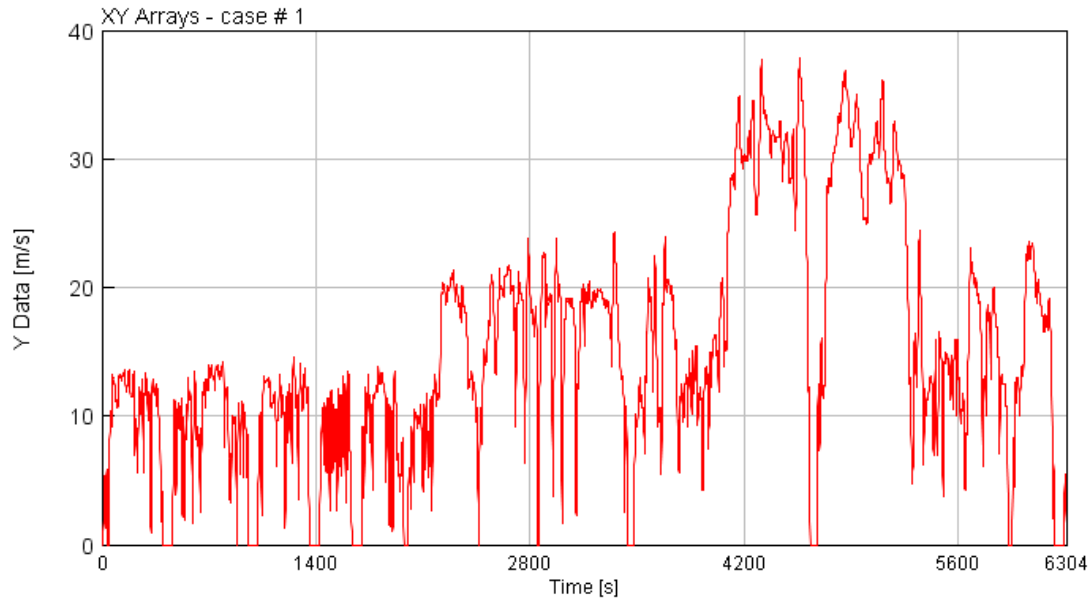
Jako čtvrtá byla zvolena trasa, která splňuje legislativní nařízení o RDE cyklu. Ten je součástí cyklu WLTP, jak již bylo zmíněno dříve v textu. Cyklus RDE se na rozdíl od cyklu WLTC (či dřívějšího NEDC) neprovádí na dynamometrech ve válcových zkušebnách ale v reálném silničním provozu. Pro naměřené emise z průběhu jízdy při cyklu RDE se užívá termín „reálné emise“. Pro měření na trati, která je způsobilá pro tento cyklus je potřeba, aby jedna třetina trati zahrnovala jízdu v městském provozu, další třetina byla na silnicích mimo město a poslední třetina se odehrávala při jízdě na dálnici. Zároveň je zde zahrnuto náhodné zrychlování a zpomalování, tak aby bylo dosaženo co nejprůkaznějšího výsledku. Ke zjištění reálných emisí se využívá přenosného zařízení pro měření emisí (PEMS), které je připojeno k vozidlu. Tuto trasu si tak lze samostatně zvolit, pokud splňuje výše zmíněné požadavky. Zároveň jsou zde ještě požadavky na maximální a minimální stoupání, či požadavek na nadmořskou výšku. Všechny tyto požadavky jsou shrnuty v oficiálním vyjádření ICCT.

[140]

Data k této trase byla opět poskytnuta panem Ing. Vojtěchem Klírem, PhD..

Na rychlostním profilu jsou velmi dobře viditelné dané fáze cyklu. Na začátku lze vidět jízdu v městském provozu, následuje jízda po silnicích mimo mě a poté jízda po dálnici. Po fázi dálnice je znovu mimoměstský provoz pro dojetí do počátečního bodu, který neleží přímo u dálnice.

Popisky os jsou u rychlostního profilu stejné jako u předcházejících rychlostních profilů. Maximální dosažená rychlost byla 136,1 km/h, dle předpokladu jí bylo dosaženo při dálniční jízdě. Průměrná rychlost, je díky vyšší povolené rychlosti na dálnici, vyšší než předchozí trasy, a to 54,25 km/h. Celkový čas jízdy této trasy se zastavil na hodnotě 6304 sekund a za tento čas vozidlo urazilo 95,029 km.



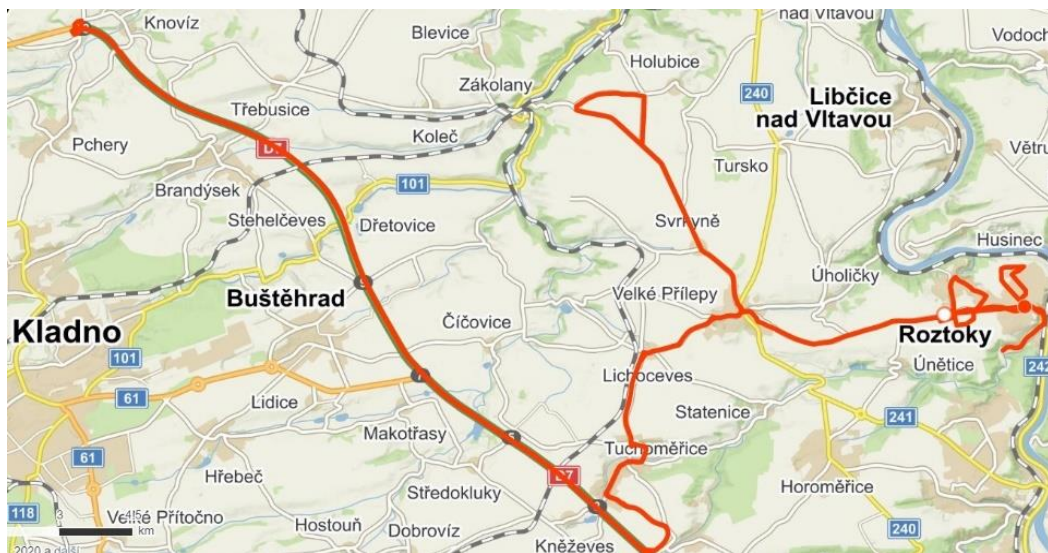
Obr. 37: Rychlostní profil Trasy 4

Z těchto parametrů lze vyvodit závěr, že tento cyklus je nejdelší z našich tras a zároveň trvá nejdelší dobu. Měl by však, už ze své podstaty, být velmi dobrým ukazatelem reálné spotřeby vozidla při kombinaci různých druhů jízdy.



Obr. 38: Výškový profil Trasy 4

Z výškového profilu lze také vyčíst fáze cyklu. Je zřejmý dálniční provoz (v grafu cca mezi 4000s- 5000s), kde se výškový profil mění plynule. V městském provozu se zde objevuje opět několik málo abnormálních hodnot, které se však dají počítat spíše za chybu měření než za reálný stav. Jedná se o naměřené hodnoty, tudíž profil je velmi členitý. Stoupání v procentech bylo vypočteno díky znalosti rozdílu nadmořských výšek jednotlivých bodů a jejich vzdálenosti.



Obr. 39: Mapa Trasy 4

12. Výsledky simulací

Všechny trasy byly nasimulovány jednak jako konvenční vůz, tak jako hybridní varianta. V hybridní variantě byla odsimulována každá trasa pomocí výše zmíněných strategií. Celkem tak bylo dosaženo 6 výsledků pro každou trasu. Tyto výsledky jsou zobrazeny v tabulkách přiložených níže.

Trasa 1 (WLTC)	Spotřeba [l/100km]	SOC _{final} [-]
Konvenční	4.9	-
ECMS	3.99	0.698
Strat. 1	4.6	0.7
Strat. 2 – 60	4.5	0.584
Strat. 2 – 40	4.5	0.584
Strat. 2 – 20	4.5	0.584

Trasa 2 (městská)	Spotřeba [l/100km]	SOC _{final} [-]
Konvenční	13.7	-
ECMS	6.39	0.699
Strat. 1	6.6	0.695
Strat. 2 – 60	7.1	0.51
Strat. 2 – 40	7.1	0.51
Strat. 2 – 20	7.1	0.51

Trasa 3 (Kostelec)	Spotřeba [l/100km]	SOC _{final} [-]
Konvenční	6.3	-
ECMS	5.22	0.699
Strat. 1	5.5	0.697
Strat. 2 – 60	5.7	0.51
Strat. 2 – 40	5.6	0.51
Strat. 2 – 20	5.6	0.51

Trasa 4 (RDE)	Spotřeba [l/100km]	SOC _{final} [-]
Konvenční	4.9	-
ECMS	4.21	0.69
Strat. 1	4.8	0.69
Strat. 2 – 60	4.8	0.51
Strat. 2 – 40	4.8	0.51
Strat. 2 – 20	4.8	0.51

Tabulka 7: Výsledky simulací pro jednotlivé trasy

Z tabulky výsledků lze vidět, že ve všech případech dosáhly hybridní verze lepších výsledků než konvenční vozidlo. Z hodnot, které byly nalezeny při sestavování detailních tabulek a tabulek srovnání hybridních a konvenčních vozidel jsme zjistili, že udávaná spotřeba konvenčního vozu při cyklu WLTC je 5,2 l/100 km. Spotřeba z naší simulace pro konvenční vozidlo se ustálila na hodnotě 4,9 l/100 km. Hodnota spotřeby pro hybridní vozidlo je dle tabulek 5,0 l/100 km, námi simulovaná hodnota je opět nižší, a to v závislosti na použité strategii řízení. Nejlépe dopadla strategie ECMS, která dosáhla nejnižší spotřeby. To je předpokládaný výsledek, jelikož tato strategie je nepropracovanější a nejs sofistikovnější z použitých strategií. Strategie 2 dosáhla u této trasy lepšího výsledku než strategie 1. Finální stav nabití baterie je však nižší, tudíž kdyby se opakovaně simulovala tato trasa a počáteční stav nabití nového pokusu byl roven finálnímu přechozího pokusu, strategie 1 by byla výhodnější oproti strategii 2. [51], [88]

U trasy 2 lze vidět největší úsporu mezi hybridní a konvenční verzí. U této trasy to lze přičíst zejména velmi dlouhým přestávkám, kdy motor u konvenční verze pořád běží, kdežto u hybridních je vypnut a poté pomocí elektromotoru opět spuštěn. Námi simulovaná spotřeba konvenční verze dosáhla hodnoty 13,7 l/100 km. Hybridní verze u této trasy dokázaly snížit spotřebu na polovinu, opět nejlépe strategie ECMS. Pro porovnání, v diplomové práci pana Diviše, bylo dosaženo spotřeby 13,55 l/100 km, zde se však jednalo o jiné vozidlo. Je to zde však uvedeno pro ukázkou, jak velké spotřeby dosahuje vozidlo, které po této trase jezdí. [139]

U trasy 3 lze vidět, že tato trasa je díky velikosti spotřeby nejčastější reálnou trasou. Tato hodnota (konvenční vůz 6,3 l/100 km) je velmi obvyklou hodnotou při reálném provozu, kde jsou jak městské provozy, tak z větší části mimoměstské silnice. Tato trasa může velmi dobře simulovat každodenní dojíždění do práce lidí, kteří bydlí v dojezdových vzdálenostech od větších měst, do kterých jezdí za prací. U hybridních verzí je zde opět požadované zlepšení, u strategií 1 a 2, se jedná cca o 0,6 l/100 km. Což může mít v důsledku výše popisované situace nezanedbatelný výsledek.

U trasy 4 je dosaženo nejmenšího zlepšení, co se týče strategie 1 a 2. Jedním z faktorů, proč je úspora jen minimální může být fakt, že je zde začleněn dálniční úsek, na kterém hybridní vozidlo neposkytuje víceméně žádnou úsporu, jelikož zde nejsou akcelerace a decelerace. Tudíž u tohoto cyklu je úspora spotřeby zanedbatelná.

Z výsledků lze vidět, že strategie 2 se pohybuje u spodní hranice stavu nabití. To je způsobeno jejími podmínkami, díky kterým je přídatný moment používán ve velmi časté frekvenci a není tak poskytnut čas pro dobití baterie až na horní hranici nabití. Stejně výsledky SOC u různých tratí jsou důsledkem výše zmíněných faktorů. Vyššího finální SOC by bylo možno dosáhnout při dojezdu do finálního místa z kopce, při záporném zrychlení, kdy by nebylo vozidlo ani v jednom módu boostu. Opakem může být strategie 1, která přídatný moment využívá mnohem méně častěji, a tudíž má větší možnost dobití na plný stav nabití. Z tabulek lze vidět, že rozdělení strategie 2 na její tři modifikace nepřináší žádné významné zlepšení. Pouze u jedné trasy (Trasa 3) je dosaženo o desetinu lepší spotřeby. To však je způsobeno i tím že se pohybujeme v okolí hranice 5,7 l/100 km a u první modifikace se pohybujeme blízko nad touto hranicí, u zbylých dvou se dostaneme blízko pod ní. Jde však jen o minimální rozdíl, který v reálném provozu není víceméně poznat. Většího rozdílu mezi modifikacemi strategie 2 by se mohlo dosáhnout zvětšením rychlostní hranice, kde by rozdíly nesměly být po 20 km/h ale například po 45 km/h. Zde by již druhá modifikace měla dosáhnout výsledků obdobných jako nynější modifikace 3. Metoda ECMS je nejnáročnější a zároveň dosahuje nejlepších hodnot. Strategie 2 je z daných strategií nejjednodušší a dosahuje nejmenších úspor. Lze tedy vyčíst závislost mezi náročností dané strategie a velikostí její úspory. Musí se však brát ohled také na danou složitost, jelikož vozidlo (jeho řídicí prvky) musí být schopno tuto strategii v reálném provozu aplikovat a neustále s ní pracovat. Proto je možné, pro lepší a rychlejší výpočet, hledat kompromis ve složitosti

strategie a následné úspore paliva. Pro případné vyšší rozdíly jednotlivých verzí a jejího možného vylepšení by se mohly předělat její podmínky. Jedním z parametrů, který by měl vliv by byla velikost momentu od motoru. Pokud bychom snížili jeho moment u „*Torque_Assist_high_speed*“, mělo by teoreticky docházet k pomalejšímu vybíjení baterie a tím pádem vyššímu SOC. Dalším faktorem by mohlo být posunutí spodní meze akcelerace, která je hlavním faktorem pro spuštění módů přidavného momentu. Hodnotu, která je nyní v strategii 2 jsem určil tak, aby byl pomocný moment přítomen vždy. Pokud by se tato hodnota zvýšila, měl by teoreticky být přidavný moment méně častěji, a tudíž by opět zůstal SOC baterie vyšší.

13. Reálné testování

Závěrečnou částí diplomové práce mělo být reálné testování daného vozu na vybraných trasách. Toto testování se bohužel nepodařilo uskutečnit, i když byla vysoká snaha o jeho provedení a byl kvůli němu prodloužen i termín. Díky němu by se daly lépe porovnat výsledky dosažené simulacemi a porovnat tak tedy jejich praktické využití. Bylo by zde snadno rozpoznatelné, zda simulace dávají reálné výsledky, či zda je jízda v provozu význačně jiná oproti simulované, byť by byla snaha o co nejstejnější průběh trasy a dodržování stejného rychlostního profilu. Po konzultaci s Ing. Klírem bylo navrženo měření na trase 4 (RDE), která začíná a končí v Roztokách a nebylo by tedy potřeba přejíždět značnou vzdálenost k měření dané trasy. Jako druhá trasa byla v plánu trasa číslo 3, ta by však byla provedena v případě velkého množství volného času, jelikož je zde zapotřebí přejezd celé Prahy. Chtěl bych touto cestou ještě jednou poděkovat Ing. Klírovi za jeho ochotu a snahu při domlouvání tohoto testování, byť se jej nepodařilo dovést ke zdárnému konci.

14. Závěr

Cílem této diplomové práce je blíže osvětlit problematiku hybridních vozidel, zejména pak mild-hybridů využívajících 48 V napětí. Proto se první kapitoly zabývají popisem hybridního vozidla, jeho definicí a souvisejících výhod či nevýhod. Je zde popsáno, proč je využíváno právě toto napětí a jsou definovány jeho horní a spodní hranice. Dále jsou zmíněny hlavní komponenty 48 V hybridního vozidla, včetně jejich obvyklých parametrů, užívaných při tomto typu hybridizace. Jako další jsou vysvětleny možné řídicí funkce, které tyto vozidla mohou využívat a mezi které patří např. pokročilý Start- stop systém.

V teoretické části této práce je provedena rešerše o všech možných typech vozidel, které využívají tento druh hybridního pohonu. Mezi nalezená vozidla patří vozidla osobní, terénní i lehké nákladní. Tato vozidla byla podrobně prozkoumána a byla vytvořena jejich databáze, ve které jsou popsány všechny jejich specifikace. Vozidla byla pro snazší komparaci seřazena do 3 kategorií, podle svých specifikací a využití. U každého vozidla jsou zapsány jak jeho rozměry, tak specifikace spalovacího motoru a parametry přídatné elektrické soustavy, byť ne u všech vozidel byly všechny tyto informace dohledatelné. U vybraných vozidel bylo poté nalezeno jejich obdobné konvenční vozidlo, se kterým bylo provedeno bližší porovnání. Tyto komparace byly poté převedeny do grafických podob pro přehlednější orientaci. Mezi porovnávané kategorie patří např. závislost cen hybridní a konvenční verze či průměrná kombinovaná spotřeba daných vozidel. Tyto grafy byly poté vyhodnoceny a bylo okomentováno v jakém ohledu dosahuje hybridní vozidlo příznivějších výsledků a zda je to očekávaný stav, či nepředpokládaný. Další grafy zobrazovaly srovnání hybridních výbav a příslušných specifikací vozidel, např. závislost výkonu elektromotoru na výkonu spalovacího motoru. Bylo zde zhodnocen fakt, zda automobilky využívají pro každé vozidlo jiný druh elektrifikace, či zda využívají jeden typ pro většinu svých vozidel, byť rozdílných hmotností či výkonů.

V další části této práce je popsán simulační model. V jeho první části je zobrazen model konvenčního vozidla s jeho hlavními částmi. Následně je obdobně okomentován hybridní model, ve kterém oproti konvenčnímu modelu přibývá přídatná elektrifikace. Také zde jsou informace o jednotlivých prvcích, které jsou obsaženy v tomto modelu. Následně jsou vypsané různé řídicí strategie, které byly využívány pro simulaci těchto modelů. Jsou zde zobrazeny jejich řídicí podmínky a jízdní stavy, ve kterých se díky nim může vozidlo nacházet.

V poslední části jsou detailně popsány simulované trasy. Byly použity celkem 4 trasy, přičemž každá simuluje trochu jiný stav. Trasa 1 je cyklus WLTC, který je normami definovaný a je nyní využíván pro porovnávání emisí vyfukovaných plynů. Trasa 2 je čistě městská, u které byl očekáván největší rozdíl hybridní a konvenční verze, a tento předpoklad byl také po simulaci potvrzen. Zde došlo ke snížení spotřeby až o polovinu, díky velmi neefektivnímu stylu jízdy v konvenčním režimu. Trasu 3 lze považovat za víceméně mimoměstskou, s dojezdem do města. Jde tedy o ukázkovou trasu dojíždění do práce z přilehlého okolí, kdy městský provoz nastává až na konci jízdy. Tato jízda byla jen jednosměrná, nebyla tedy simulována celá trať, kde by vozidlo jelo zpět do počátečního bodu. Trasa 4 byla vybrána tak, aby splňovala nařízení o cyklu RDE, který je u této trasy také vysvětlen.

V závěru práce jsou uvedeny výsledky daných simulací s doplňujícím komentářem. Je zde vysvětleno, že největší možná úspora hybridního systému se nachází zejména v hustých městských provozech, naopak u provozů s konstantní rychlostí, či dálničních provozů nedochází k význačné úspoře. Jako přímé porovnání simulačního modelu a reálného provozu mělo být provedeno reálné testování, při kterém by bylo provedeno toto porovnání. Jak však již bylo zmíněno v textu, toto testování se nepodařilo přes veškerou snahu domluvit a tato část tedy zůstává nezodpovězena a nelze tak zhodnotit přímé porovnání simulací a reálného provozu.

Seznam obrázků

Obr. 1: Poměr en. hustoty k prům. zrychlení [3]	2
Obr. 2: Hlavní uzly elektrického stroje [6]	4
Obr. 3: Parametry dostupných 48 V baterií.....	10
Obr. 4: Katalyzátor Emicat® [13]	11
Obr. 5: Charakteristiky různých vyhřívaných a nevyhřívaných katalyzátorů [21]	11
Obr. 6: Rozsahy napětí [25]	13
Obr. 7: Schéma architektury 12 V - 48 V [26].....	14
Obr. 8: Ukázka posunutí zátěže motoru [31].....	16
Obr. 9: Ukázka plnění kroutícího momentu [31].....	16
Obr. 10: Závislost rychlosti na brzděném momentu [31].....	17
Obr. 11: Dodge Ram 1500 eTorque [34].....	19
Obr. 12: Schema 48 V systému Audi [35]	19
Obr. 13: 48 V síť Range Rover Evoque [37]	20
Obr. 14: Závislost rozdílů emisí u jednotlivých vozidel.....	25
Obr. 15: Závislost rozdílů zrychlení u jednotlivých vozidel.....	26
Obr. 16: Závislost kombinované spotřeby u jednotlivých vozidel.....	26
Obr. 17: Závislost rozdílů hmotností u jednotlivých vozidel.....	27
Obr. 18: Závislost rozdílů ceny u jednotlivých vozidel.....	27
Obr. 19: Závislost výkonu EM na hmotnosti vozidla	28
Obr. 20: Závislost výkonu EM na výkonu ICE.....	28
Obr. 21: Schema modelu konvenčního vozidla	30
Obr. 22: Vnější charakteristika spalovacího motoru	30
Obr. 23: BSFC mapa daného 81 kW motoru.....	31
Obr. 24: Schema Vehicle_trat-1	33
Obr. 25: Ukázka přerušení dodávky paliva [GT-Suite].....	33
Obr. 26: Ukázka závislosti rychlosti na stupni zatížení	34
Obr. 27: Schema modelu hybridního vozidla	35
Obr. 28: Mapa účinnosti pro motorický režim [Matlab]	37
Obr. 29: Podsestava SUPERVISORY	38
Obr. 30: Rychlostní profil Trasy 1	44
Obr. 31: Mapa Trasy 2 [139].....	45
Obr. 32: Rychlostní profil Trasy 2	46
Obr. 33: Výškový profil Trasy 2.....	46
Obr. 34: Rychlostní profil Trasy 3	47
Obr. 35: Výškový profil Trasy 3	47
Obr. 36: Mapa Trasy 3	48
Obr. 37: Rychlostní profil Trasy 4	49
Obr. 38: Výškový profil Trasy 4.....	49
Obr. 39: Mapa Trasy 4	50

Seznam tabulek

Tabulka 1: Odebíraný proud z baterie [22]	12
Tabulka 2: Srovnání konvenčních a hybridních vozidel	24
Tabulka 3: Převodové poměry jednotlivých převodových stupňů [142].....	32
Tabulka 4: Parametry užitého 48 V elektrického stroje	37
Tabulka 5: Ekv. faktory pro dané trasy	40
Tabulka 6: Jednotlivé intervaly cyklu WLTC.....	45
Tabulka 7: Výsledky simulací pro jednotlivé trasy.....	50

Seznam příloh

Příloha 1 - Výsledné SOC daných tras	66
Příloha 2 - Detailní tabulky jednotlivých vozidel	69

Seznam použitých zdrojů

- [1] *CO₂ emission performance standards for cars and vans* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
- [2] *Carmakers face €20 billion in fines for exceeding CO₂ targets – Part 2* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://autovistagroup.com/news-and-insights/carmakers-face-eu20-billion-fines-exceeding-co2-targets-part-2>
- [3] *Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) – introduction* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mild-hybrid-electric-vehicle-mhev-introduction/>
- [4] *Hybrid vehicle* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/hybrid-vehicle>
- [5] *12V / 48V Hybrid Vehicle Technology* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.pσμα.com/sites/default/files/uploads/tech-forums-transportation-power-electronics/presentations/is115-12v-48v-hybrid-vehicle-technology.pdf>
- [6] *Progress and recent trends in 48-volt-hybridisation and e-boosting technology on passenger vehicles* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-topology-of-the-48-volt-mild-hybrid-system_fig27_319141097
- [7] *P2 Hybrid Architecture* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.borgwarner.com/technologies/p2-hybrid-architecture>
- [8] *Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) – architectures* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mild-hybrid-electric-vehicle-mhev-architectures/>
- [9] *Continental presents 48V full-hybrid system; motor delivers up to 30 kW* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.greencarcongress.com/2019/07/20190702-conti.html>
- [10] *IMA* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/ima>
- [11] *A NEW ERA IN MOBILITY: VALEO UNVEILS ITS LATEST INNOVATIONS AT THE 2016 PARIS MOTOR SHOW* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/wp-content/uploads/2016/11/09292016-a-new-erea-in-mobility-valeo-unveils-its-latest-innovations-at-the-2016-paris-motor-show-pr-en.pdf>
- [12] *Low Voltage, High Performance: Full-Hybrid Vehicle with 48-Volt High-Power Technology* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.continental.com/en/press/press-releases/2019-07-02-48v-high-power-176814>
- [13] *Vitesco Technologies Wins Major Order from European Vehicle Manufacturer* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.continental.com/en/press/press-releases/2020-03-12-emitec-216504>
- [14] *48 V DC/DC CONVERTER* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: [https://vitesco-technologies.com/en/Home/Solutions/Products/48-v-dc-dc-converter-\(liquid-cooled\)-en](https://vitesco-technologies.com/en/Home/Solutions/Products/48-v-dc-dc-converter-(liquid-cooled)-en)
- [15] *48 V BSG LIQUID-COOLED* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://vitesco-technologies.com/en/Home/Solutions/Products/48-v-bsg-liquid-cooled-en>

- [16] 48 V BSG [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://vitesco-technologies.com/en/Home/Solutions/Products/48-v-bsg-air-cooled-en>
- [17] *Ready for a reVOL(T)ution?* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/stories/48v-hybrid-battery/>
- [18] *ELECTRICAL COMPRESSOR BYPASS VALVE* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.vitesco-technologies.com/en/Home/Solutions/Products/Electrical-Compressor-Bypass-Valve-en>
- [19] *Emisní norma Euro 6: Co přinese řidičům?* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/emisni-norma-euro-6-co-prinese-ridicum-83503>
- [20] *What Is a Super Ultra Low Emissions Vehicle (SULEV)?* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/sulev-super-ultra-low-emissions-vehicle-85336>
- [21] *Benefits of a 48V P2 Mild Hybrid* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-02/accsymp-mckay.pdf>
- [22] *Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) – electrical architecture* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mhev-electric-architecture/>
- [23] *Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) – components (Continental)* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mild-hybrid-electric-vehicle-mhev-components-continental/>
- [24] *VDA 320 - Electric and Electronic Components in Motor Vehicles 48 V On-Board Power Supply* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.vda.de/en/services/Publications/vda-320---components-for-the-development-of-48-v-on-board-power-supply.html>
- [25] *48-Volt Electrical Systems* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/april/48-Volt_Electrical_Systems_-_A_Key_Technology_Paving_the_Road_to_Electric_Mobility/48-Volt-Electrical-Systems-Electric-Mobility-engl-2016.pdf
- [26] *A Comprehensive Study of Automotive 48-Volt Technology* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/48V-Base-Architecture_fig7_318638628
- [27] *WLTP VS. NEDC* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.com/services/wltp>
- [28] *48 V hybrid solutions* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/powertrain/hybrid/hybrid-solutions-48-v-systems/>
- [29] *Bosch has advanced start-stop coasting system for 10% fuel saving for any type of car and NASA has advanced flywheel system for automated pulse and glide for up to double fuel economy* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.nextbigfuture.com/2013/12/bosch-has-advanced-start-stop-coasting.html>

- [30] *Brake Specific Fuel Consumption* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/brake-specific-fuel-consumption>
- [31] *Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV) – control functions* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mild-hybrid-electric-vehicle-mhev-control-function/>
- [32] *Brake energy recuperation* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.co.uk/electric/sustainability/brake-energy-recuperation>
- [33] *Creeping* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://yudrivebad.wordpress.com/2013/05/13/creeping/>
- [34] *2019 Ram eTorque system* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://5thgenrams.com/2019-ram-etorque-system-works/>
- [35] *Audi MHEV (Mild-hybrid): Tak trochu jiný hybrid. Podle Audi!* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/audi-mhev-mild-hybrid-tak-trochu-jiny-hybrid-podle-audi-107350>
- [36] *Audi A8 with active suspension* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi-technology-portal.de/en/download?file=1705>
- [37] *HYBRID EVOQUE – SO WHAT IS MHEV?* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.landrover.com/liveforthecity/en/hybrid-evoque-so-what-mhev>
- [38] *BMW 3er Touring* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/3er/touring/2019/bmw-3er-touring-technische-daten.html#/tab-6>
- [39] *BMW 320d xDrive Touring* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.encycarpedia.com/bmw/19-320d-xdrive-touring-estate>
- [40] *BMW: Neue Mildhybrid-Technik* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://de.motor1.com/news/393235/bmw-mildhybrid-modellpflagemassnahmen-fruhjahr-2020/>
- [41] *2020 BMW 520d* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2020/2914370/bmw_520d.html
- [42] *BMW Debuts 6th Generation of 5 Series Sedan* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.greencarcongress.com/2009/11/g6en-5series-20091123.html>
- [43] *Technical Specifications of the new BMW 5 Series* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0270585EN/technical-specifications-of-the-new-bmw-5-series-sedan-bmw-520i-bmw-525d-bmw-540d-xdrive-valid-from-07/2017?language=en>
- [44] *Specifications. BMW 5 Series Sedan. 520d.* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/attachment/T0301984EN/440371>
- [45] *2020 Hyundai i20* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/hyundai-i20-iii-1.0-t-gdi-48v-120hp-mhev-dct-39284>
- [46] *i20-wltp* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.hyundai.cz/files/download/model/i20-2020/i20-wltp.pdf>

- [47] 2019 Mercedes-Benz C 200 Coupe [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2019/2726990/mercedes-benz_c_200_coupe.html
- [48] MERCEDES-BENZ C-CLASS SALOON MILD HYBRID [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.stcars.sg/singapore-car/cars/mercedes-benz-c-class-saloon-mild-hybrid-6921/specification>
- [49] 2018 Mercedes-Benz S-Class: 48-volt system is the future, but diesel's not dead yet [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.caradvice.com.au/569664/2018-mercedes-benz-s-class-48-volt-system-is-the-future-but-diesels-not-dead-yet/>
- [50] 48-Volt Batterie [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.accumotive.de/produkte.html>
- [51] 2019 Skoda Octavia IV 1.0 TSI EVO e-TEC (110 Hp) Mild Hybrid DSG [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/skoda-octavia-iv-1.0-tsi-evo-e-tec-110hp-mild-hybrid-dsg-38014>
- [52] CENÍK ŠKODA OCTAVIA [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/_doc/22e810a3-531e-4715-8a9c-76192b50232a
- [53] Octavia 4 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://octaviacub.cz/octavia-4/prevodovka-vykon-rychlost-zrychleni-spotreba-emise/>
- [54] Test Volkswagenu Golf 1.5 eTSI: Konzervativec poosmé [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/test-volkswagenu-golf-1-5-etsi-konzervativec-poosme-40319572>
- [55] Volkswagen Golf 8 1.5 eTSI 150HP Specs [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Volkswagen/118819/Volkswagen-Golf-8-15-eTSI-150HP.html>
- [56] Hybrid powertrains [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/hybrid-powertrains-3642>
- [57] New Volkswagen Golf TDI review [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/golf/108247/new-volkswagen-golf-2020-review>
- [58] Versatile and efficient: mild-hybrid technology [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/techday-on-combustion-engine-technology-8738/versatile-and-efficient-mild-hybrid-technology-8761>
- [59] Audi Q8 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/q8/q8-1/technicka-data>
- [60] Audi Q8 50 TDI quattro - Specifications [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.encycarpedia.com/audi/18-q8-50-tdi-quattro-suv>
- [61] 2019 Audi Q8 50 TDI Quattro [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2019/2739500/audi_q8_50_tdi_quattro.html
- [62] Etd_Q8_50_TDI_quattro_tiptronic_210_kW [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://audimediacycenter-a.akamaihd.net/system/production/car_motorizations/713/file_en/e4e876d47bc6484d5e4b30137c2d04221ce3b60d/eTechnische_Daten_Audi_Q8_50_TDI_quattro_tiptronic_210kW.pdf?1605539000&disposition=attachment

- [63] *Hyundai tucson* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.hyundai.cz/files/download/model/tucson-n-line/hyundai-tucson-2019-090419-final.pdf>
- [64] *Hyundai Tucson 2.0 CRDi 48V MHD Premium SE 5dr 4WD DCT* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.topgear.com/car-reviews/hyundai/tucson/20-cr-di-48v-mhd-premium-se-5dr-4wd-dct/spec>
- [65] *The all-new TUCSON Hybrid* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.hyundai.co.uk/new-cars/tucson>
- [66] *Hyundai Tucson 48V a Plug-in Hybrid: Dva koncepty nového SUV s elektromotory* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/hyundai-tucson-48v-a-plug-in-hybrid-dva-koncepty-noveho-suv-s-elektromotory-86094>
- [67] *Hyundai Tucson* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.whatcar.com/make/hyundai/tucson/4x4/versions#specification>
- [68] *Jeep Wrangler eTorque Mild Hybrid Technology* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.chryslerfactoryplans.com/tools/articles.aspx?article=Wrangler_Etorque_Technology&type=4
- [69] *2019 Jeep Wrangler eTorque Review* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.jdpower.com/cars/expert-reviews/2019-jeep-wrangler-etorque-review>
- [70] *2020 Wrangler* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: [https://mydigimag.rrd.com/publication/?m=33892&i=626758&p=40&pp=1&bt_field_name\[\]=source&bt_field_value=website&co=US&pid=497&pc=jeep-wrangler-20-CA&ver=html5](https://mydigimag.rrd.com/publication/?m=33892&i=626758&p=40&pp=1&bt_field_name[]=source&bt_field_value=website&co=US&pid=497&pc=jeep-wrangler-20-CA&ver=html5)
- [71] *2019 Jeep Wrangler Unlimited Rubicon eTorque* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/roadshow/reviews/2019-jeep-wrangler-unlimited-rubicon-4x4-review/>
- [72] *2019 Jeep® Wrangler SPECIFICATIONS* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://s3.amazonaws.com/chryslermedia.ionicweb.com/mediasite/specs/2019_JP_Wrangler_Spmk1alba10mregeqq9v39oek881.pdf
- [73] *TEST Kia Sportage 2.0 CRDi MHEV 4x4 8AT* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/test-kia-sportage-20-cr-di-mhev-4x4-8at-postouchni-me>
- [74] *6_Sportage QL PE MY19- technické informace* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.autobond.cz/aktualita/kia-sportage-high-line-edition/6_sportage-ql-pe-my19-technicke-informace/
- [75] *Kia Sportage 2.0 CRDi* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.car.info/en-se/kia/sportage/sportage-20-cr-di-awd-a8-2019-17702000/specs>
- [76] *Sportage_cenik_MY20* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autohorejsek.cz/images/modely-kia/Sportage/cenik-data/kia-sportage-cenik-my20.pdf>
- [77] *Minitest Suzuki Vitara 1.4 BoosterJet Hybrid: Když to prostě všechno šlape* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/minitest-suzuki-vitara-14-boosterjet-hybrid-kdyz-to-proste-vsechno-slape>

- [78] *Suzuki Vitara 48 V, Suzuki S-Cross 48 V a Suzuki Swift Sport 48 V* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.suzuki.cz/auto/technologie/hybrid.aspx#Suzuki-Vitara-S-Cross-48V>
- [79] *Nové hybridy od Suzuki už koupíte i v Česku. Spotřeba šla dolů, cena lehce nahoru* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/suzuki-vitara-a-s-cross-hybrid-v-cesku-spotreba-sla-dolu-cena-lehce-nahoru>
- [80] *Ford Transit 2020 L2H2 RWD 2.0 EcoBlue* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Ford/120287/Ford-Transit-2020-L2H2-RWD-20-EcoBlue-170HP-MHEV.html>
- [81] *The What Van? Road Test: Ford Transit Custom MHEV (2019)* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: [https://www.whatvan.co.uk/test-drives/the-whatvan-road-test/2020/the-what-van-road-test-ford-transit-custom-mhev-\(2019\)](https://www.whatvan.co.uk/test-drives/the-whatvan-road-test/2020/the-what-van-road-test-ford-transit-custom-mhev-(2019))
- [82] *Ford Transit* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/brochures/cvs/BR-O-ford_transit_van.pdf
- [83] *NOVÝ FORD TRANSIT VAN* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://cdn.fordissimo.cz/fss/modely/db/dbdddc59fff94b86b4a768ceff8103ff.pdf?v=1>
- [84] *2019 Audi Q7 50 TDI V6* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/audi-q7-typ-4m-facelift-2019-50-tdi-v6-286hp-quattro-tiptronic-37448>
- [85] *Audi Q7 II 50 TDI Quattro Specs* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Audi/114089/Audi-Q7-II-50-TDI-Quattro.html>
- [86] *Hyundai i20 (GB) 1.0 T-GDI 120HP* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: [https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Hyundai/105386/Hyundai-i20-\(GB\)-10-T-GDI-120HP.html](https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Hyundai/105386/Hyundai-i20-(GB)-10-T-GDI-120HP.html)
- [87] *Kia Sportage 2.0 CRDi KX-3 AWD* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autoexpress.co.uk/car-reviews/40218/kia-sportage-20-cr-di-kx-3-awd>
- [88] *2019 Skoda Octavia IV 1.0 TSI EVO (110 Hp)* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/skoda-octavia-iv-1.0-tsi-evo-110hp-38005>
- [89] *A6 Avant* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/a6/a6-avant/technicka-data>
- [90] *2020 Audi A6 45 TFSI* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2020/2796575/audi_a6_45_tfsi.html
- [91] *Audi A6 Avant 45 TFSI S tronic (180 kW)* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.audi.ee/dam/nemo/ee/Mudelikataloogid/tehniline_info/Tehniline_info_A6_Avant.pdf
- [92] *S6 Avant* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/a6/s6-avant/technicka-data>
- [93] *2019 Audi S6 Avant TDI* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2019/2913770/audi_s6_avant_tdi.html

- [94] Audi S6 Avant TDI [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.audi.ee/dam/nemo/ee/Mudelikatalogid/tehniline_info/Tehniline%20info%20S6%20Avant%20TDI.pdf
- [95] Audi RS 6 Avant [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/fourth-generation-audi-rs-6-avant-11975>
- [96] Audi RS 6 Avant [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/a6/rs-6-avant-2/design-a-filozofie>
- [97] Audi RS 6 Avant 4.0 TFSI [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.audi.ee/dam/nemo/ee/Mudelikatalogid/tehniline_info/Tehniline%20info_RS_6_Avant_4_0_TFSI.pdf
- [98] 2019 Audi RS 6 Avant [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/audi-rs-6-avant-c8-4.0-tfsi-v8-600hp-mhev-quattro-tiptronic-cod-37659>
- [99] Technické údaje nového BMW řady 3 Touring M340d xDrive [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/czech/article/detail/T0305735CS/technick%C3%A9-%C3%BA-daje-nov%C3%A9ho-bmw-%C5%99-ady-3-touring-m340d-xdrive-platn%C3%A9-od-02/2020?language=cs>
- [100] BMW Touring M340d xDrive [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/czech/article/attachment/T0305735CS/446343>
- [101] BMW Touring M340d xDrive [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/attachment/T0305712DE/446315>
- [102] Ceník základních modelů [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.bmw.cz/cs/topics/details/katalogy-ceniky-ke-stazeni.html>
- [103] 2020 BMW 320d xDrive Touring [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2020/2877050/bmw_320d_xdrive_touring.html
- [104] Ford Puma Katalogy a ceníky [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/osobni-vozy/puma/vybava/bezpecnost-a-zabezpeceni#overlay/content/overlays/download-a-brochure/puma>
- [105] Nový Ford Puma přichází po 19 letech [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/novy-ford-puma-prichazi-po-19-letech-jako-stylove-male-suv/1461>
- [106] FORD PUMA 1.0 ECOBOOST HYBRID (155 HP) [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://avtotachki.com/en/ford-puma-1-0-ecoboost-hybrid-155-l-s-6-meh/>
- [107] Ford Puma 1.0 EcoBoost Hybrid 155 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.encycarpedia.com/ford/20-puma-1-0-ecoboost-hybrid-155-suv>
- [108] Seat Leon Sportstourer [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.seat.com/carworlds/leon-sportstourer/specifications/fr.html>
- [109] Cěla nový SEAT Leon: Historicky nejvyspělejší vůz z vývoje značky SEAT [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.seat.cz/o-znacce-seat/novinky-a-udalosti-1/6386-zcela-novy-seat-leon-historicky-nejvyspelejsi-vuz-z-vyvoje-znacky-seat>

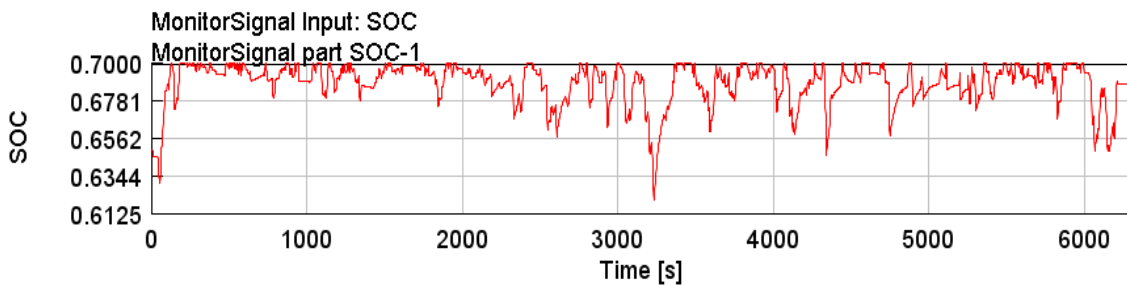
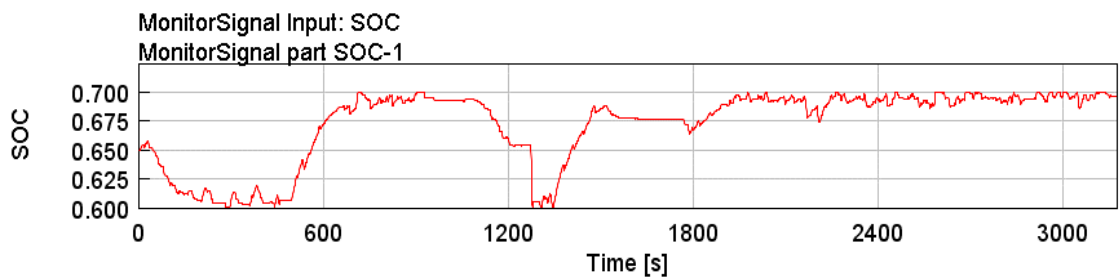
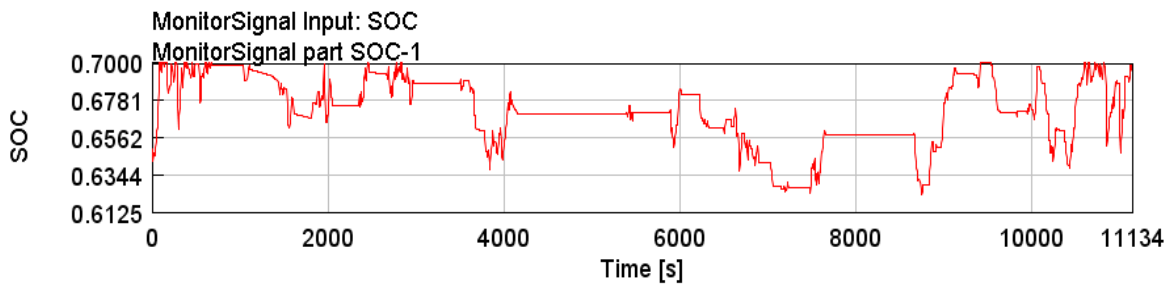
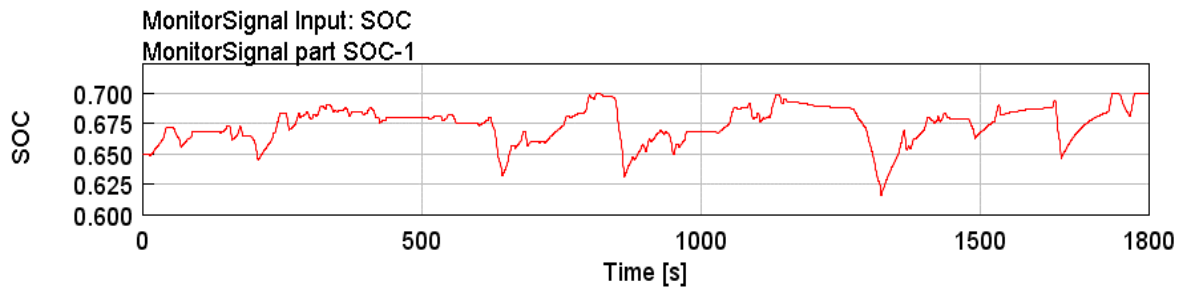
- [110] 2020 Seat Leon IV Sportstourer 1.5 eTSI (150 Hp) MHEV [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/seat-leon-iv-sportstourer-1.5-tsi-150hp-mhev-dsg-39377>
- [111] SEAT Leon Sportstourer 1.5 TSI 150 mHEV [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.encycarpedia.com/seat/20-leon-sportstourer-1-5-tsi-150-mhev-estate>
- [112] Skoda Octavia 1.5 TSI EVO Manual, 150hp, 2020 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.car.info/en-se/skoda/octavia/octavia-15-tsi-evo-m6-2020-19360748>
- [113] 2019 Skoda Octavia IV 1.5 TSI EVO e-TEC (150 Hp) Mild Hybrid DSG [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/skoda-octavia-iv-1.5-tsi-evo-e-tec-150hp-mild-hybrid-dsg-38015>
- [114] 2020 Volkswagen Golf VIII 1.0 eTSI (110 Hp) MHEV DSG [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto-data.net/en/volkswagen-golf-viii-1.0-etsi-110hp-mhev-dsg-41488>
- [115] Volkswagen Golf 8 1.0 eTSI 110HP Specs [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Volkswagen/121266/Volkswagen-Golf-8-10-eTSI-110HP.html>
- [116] Golf eTSI – the 48 V mild hybrid in detail [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/golf-etsi-golf-ehybrid-and-golf-gte-international-media-drive-6336/golf-etsi-the-48-v-mild-hybrid-in-detail-6338>
- [117] RANGE ROVER EVOQUE [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.landrover.cz/vehicles/range-rover-evoque/specifications.html>
- [118] 2019 Range Rover Evoque P300 MHEV AWD [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2019/2875640/range_rover_evoque_5-door_si4_300_mhev_awsd.html
- [119] Sitting On The Electric Fence? Think Mild Hybrid [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.dicklovett.co.uk/land-rover/news/think-mild-hybrid>
- [120] Renault Grand Scénic 1.5 Energy dCi 110 EDC: Delší je lepší [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/renault-grand-scenic-1-5-energy-dci-110-edc-delsi-je-lepsi/>
- [121] Renault SCENIC & GRAND SCENIC [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://cdn.group.renault.com/ren/ie/transversal-assets/brochures/scenic-brochure-jan-19.pdf.asset.pdf/8f24a10099.pdf>
- [122] Green pioneer test: Renault Scénic Hybrid Assist [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.fleeteurope.com/en/new-energies/europe/features/green-pioneer-test-renault-scenic-hybrid-assist?a=DQU04&t%5B0%5D=Renault&t%5B1%5D=&t%5B2%5D=Test%20drive&t%5B3%5D=Electrification&t%5B4%5D=mild%20hybrid&curl=1>
- [123] Renault Scenic 1.5 Energy dCi 110: Švihák rodinný [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/renault-scenic-1-5-energy-dci-110-svihak-rodinny/>
- [124] Volvo to unveil its first EV with 100 kWh battery in 2019 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://paultan.org/2017/02/13/volvo-to-unveil-first-ev-with-100-kwh-battery-in-2019/>

- [125] Volvo XC90 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/models/xc90/2020/specifications>
- [126] Volvo XC90 B5 Bylo nás šest [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/test-volvo-xc90-b5-bylo-nas-sest-5076>
- [127] 2020 Volvo XC90 Specifications [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.volvoclub.org.uk/pdf/xc90/xc90_2020_techspects-2.pdf
- [128] 2019 Ram 1500 eTorque First Drive: Silent Saver [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/cars/ram/1500/2019/2019-ram-1500-etorque-first-drive-review/>
- [129] 2019 Ram 1500 Specifications [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.thecarconnection.com/specifications/ram_1500_2019
- [130] CHRYSLER 5.7L HEMI V-8 [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <http://www.cumminshub.com/gas/5.7-hemi.html>
- [131] 2019 Ram 1500 specifications and such - and what did we get right? [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.allpar.com/threads/2019-ram-1500-specifications-and-such-%E2%80%94-and-what-did-we-get-right.229495/#post-1085223593>
- [132] 48v Architecture: A Cost-effective Proposition for OEMs to Meet Growing Emission Norms [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://ww2.frost.com/frost-perspectives/48v-architecture-cost-effective-proposition-oems-meet-growing-emission-norms/>
- [133] 48 V Hybridization [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: http://schaeffler-events.com/symposium/lecture/h3/index.html#volt_architecture
- [134] MORKUS, Josef. Přednášky z předmětu Hybridní pohony. Praha: ČVUT, Fakulta Strojní, 2019 [online]. [cit. 2021-6-22].
- [135] Škoda E-Tec [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/foto/?filter%5Bderivative%5D%5B%5D=e-tec>
- [136] MACHÁČEK, Jan. VYUŽITÍ 48 V TECHNOLOGIE V HYBRIDNÍCH POHONECH [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/85025>
- [137] On a Stochastic Approach of the ECMS Method for Energy Management in Hybrid Electric Vehicles [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015351776>
- [138] Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhání? [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/novy-homologacni-emisni-test-wltp-opravdu-znamená-konec-lhani-110305>
- [139] DIVIŠ, Tomáš. ANALÝZA ELEKTRIFIKACE VOZOVÉHO PARKU FIRMY UNITED BAKERIES A.S. [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/89538>
- [140] REAL-DRIVING EMISSIONS TEST PROCEDURE FOR EXHAUST GAS POLLUTANT EMISSIONS OF CARS AND LIGHT COMMERCIAL VEHICLES IN EUROPE [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-RDE_policy-update_Jan2017_vF.pdf

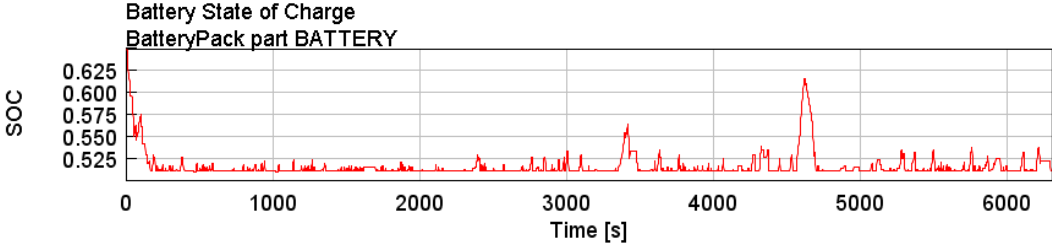
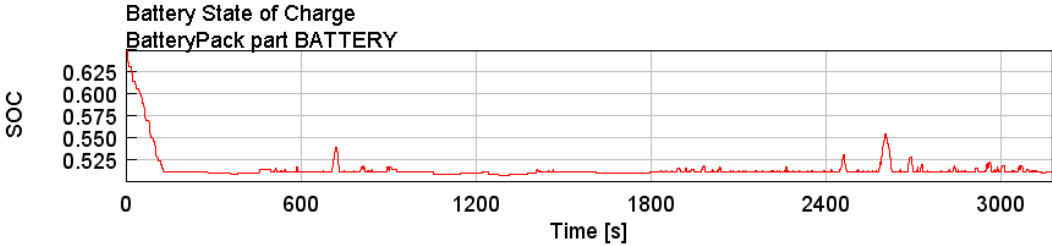
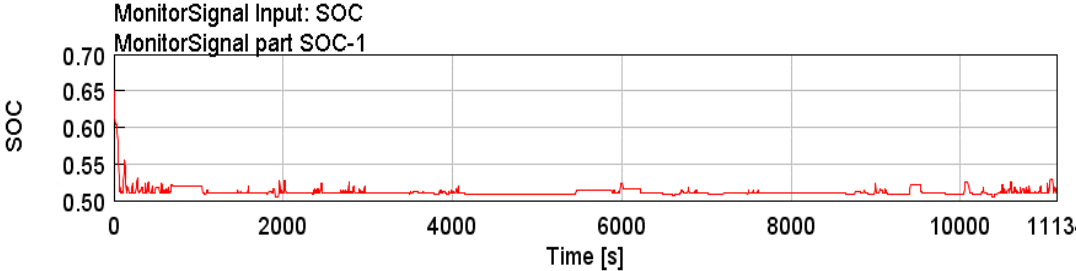
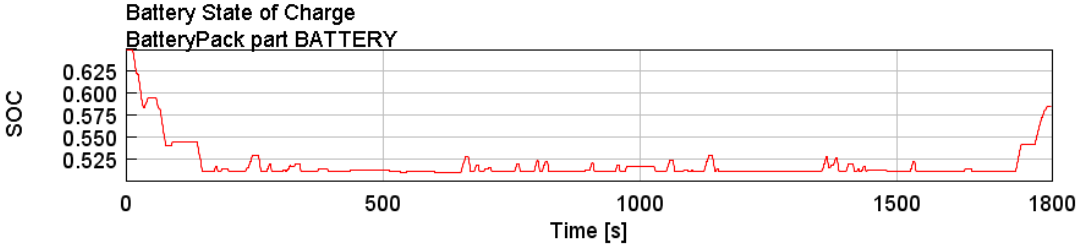
- [141] *Lithium PowerBrick Battery 12V 100Ah* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.wattuneed.com/en/solar-battery/6750-powerbrick-lithium-battery-12v-100ah-0712971137783.html>
- [142] *ŠKODA OCTAVIA* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2020/07/TD-OCTAVIA-petrol-en.pdf>
- [143] *Automobilový průmysl v České republice a na Slovensku* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/automobilovy-prumysl-v-ceske-republice-a-na-slovensku>
- [144] *Česko je závislé na automobilkách. Doplatí na to?* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/ceska-ekonomika/cesko-je-zavisle-na-automobilkach-doplati-na-to/r~i:article:618577/>
- [145] *Škoda Octavia e-Tec a IV – Souznění* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/testy/svezli-jsme-se/skoda-octavia-e-tec-a-iv-souzneni_48194.html
- [146] *Motor Calculations for Coreless Brush DC Motors* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.faulhaber.com/en/support/technical-support/motors/tutorials/dc-motor-tutorial-dc-motor-calculation/>
- [147] *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=y7VoYRPTs-wC&pg=PA34&lpg=PA34&dq=gasoline+43950+kj&source=bl&ots=uGE78LNpcf&sig=ACfU3U2_Gk2UJ9mkecnQDMwrj81SbVuZjA&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjb69nzzsLxAhXGzKQKHRiDBIkQ6AEwA3oECAUQA#w=onepage&q=gasoline%2043950%20kj&f=false

Příloha 1

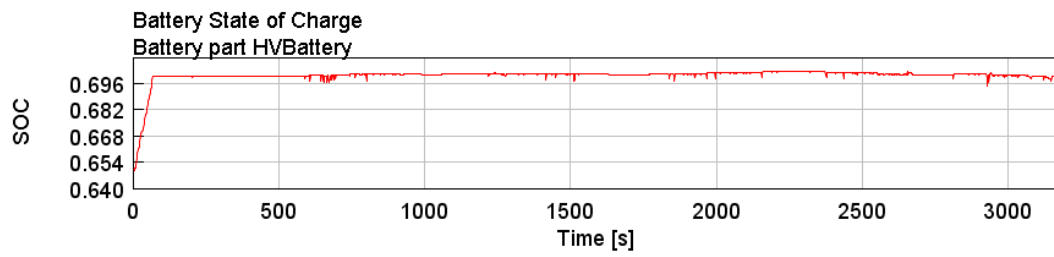
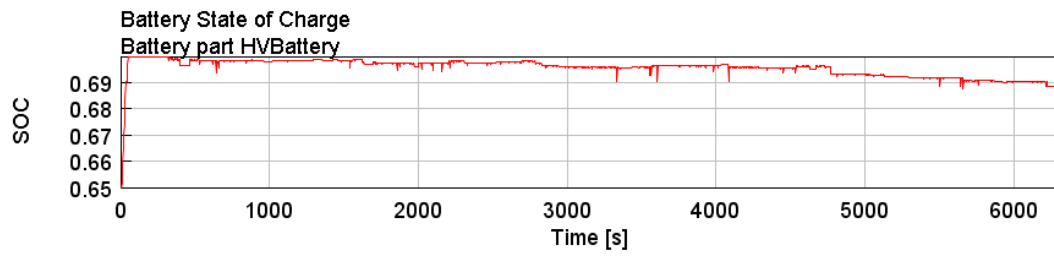
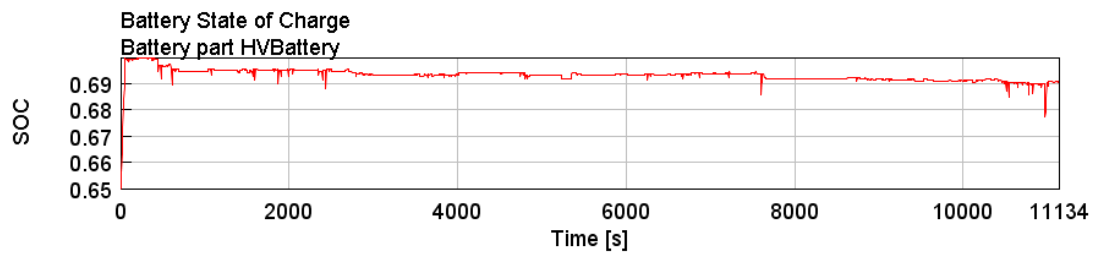
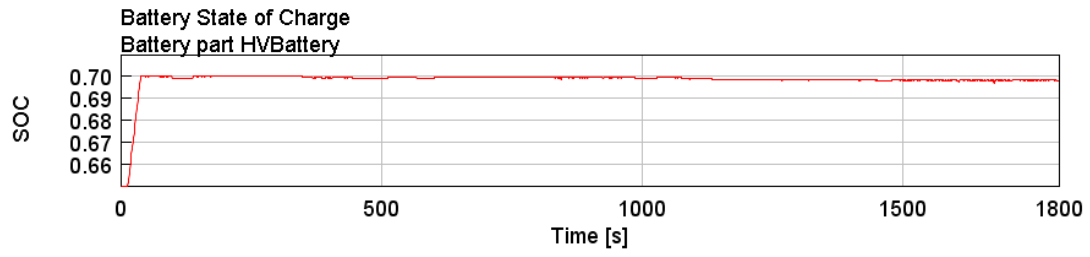
Strategie 1, pořadí tras odpovídá jejich popisu v textu (WLTC, městská, Kostelec, RDE)



Strategie 2



ECMS



Příloha 2

Na následujících stranách jsou zobrazeny detailní tabulky jednotlivých vozidel přidanych do databáze. Jak již bylo popsáno v Kapitole 8, jsou vozidla rozdělena do tří kategorií. U některých vozidel je v pravém spodním rohu připsané číslo doplňující poznámky, vztahující se k danému vozidlu. Tyto poznámky jsou vypsány na této straně.

Doplňující poznámky k tabulkám:

- 1) Elektromotor je chlazen kapalinným vodním okruhem
- 2) MHSG je jiné značení pro BiSG používané automobilkami Kia a Hyundai
- 3) RSG je jiné značení pro BiSG používané automobilkou Mercedes
- 4) Elektrický stroj je Asynchronní motor, chlazený vodním okruhem
- 5) Elektromotor je synchronní s permanentními magnety

Číslo vozidla	1			
Obecné	Výrobce	Audi	Rok výroby	2019
	Model	A6 45 TFSI	Typ	sedan

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1984	Kompresní poměr	-	9.6:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	82.5 x 92.8
Max. výkon	kW	180	Poměr ø/výška válce	-	0.89:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5000	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	370	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1600	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	90.58
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	109.58

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	60	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	zavazadlový prostor	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.48
Připojena na	Anti-roll bars, active suspension, kompresor				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4939
Typ převodovky	-	DSG	Šířka	mm	1886
Přední zavěšení	Multi-link		Výška	mm	1457
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2924
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1630
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1617
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	1640
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2230
Objem kufru	l	530	Tažná kapacita	kg	750-2000
Radius zatočení	m	12.1	Cx	-	0.28
Objem nádrže	l	63	Sx	m ²	2.33
Max rychlost	km/h	240	Spotřeba kombi	l/100 km	7.5
Zrychlení 0-100 km/h	s	6.8	Spotřeba město	l/100 km	9.3
Emise CO ₂	g/km	137	Spotř. mimo město	l/100 km	6.5
Dojezd	km	863	Pohon	-	FWD

Cena	1 480 900 Kč
-------------	--------------

Poznámky: 1,

Zdroje: [89], [90], [91]

Číslo vozidla	2			
Obecné	Výrobce	Audi	Rok výroby	2019
	Model	S6 Avant TDI	Typ	kombi

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	24
Objem	cm ³	2967	Kompresní poměr	-	15.5:1
Konfigurace	-	V6	Průměr x výška válce	mm x mm	83 x 91.4
Max. výkon	kW	253	Poměr ø/výška válce	-	0.91:1
Otáčky max. výkonu	1/min	3850-4000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	700	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-3250	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	85.27
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	125.25

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	60	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW	8	Umístění	zavazadlový prostor	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.48
Připojena na	Anti-roll bars, active suspension, kompresor				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4954
Typ převodovky	-	Tiptronic	Šířka	mm	1886
Přední zavěšení	Multi-link		Výška	mm	1481
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2928
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1620
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1603
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	Kg	2020
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	Kg	2655
Objem kufru	l	550-1665	Tažná kapacita	Kg	750-2100
Radius zatočení	m	12.1	Cx	-	0.3
Objem nádrže	l	73	Sx	m ²	2.33
Max rychlost	km/h	250	Spotřeba kombi	l/100 km	6.5
Zrychlení 0-100 km/h	s	5.1	Spotřeba město	l/100 km	7.7
Emise CO ₂	g/km	171	Spotř. mimo město	l/100 km	5.3
Dojezd	km	-	Pohon	-	AWD

Cena	2 108 900 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [92], [93], [94]

Číslo vozidla	3			
Obecné	Výrobce	Audi	Rok výroby	2019
	Model	RS 6 Avant	Typ	kombi

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	32
Objem	cm ³	3996	Kompresní poměr	-	10:1
Konfigurace	-	V8	Průměr x výška válce	mm x mm	86 x 86
Max. výkon	kW	441	Poměr ø/ výška válce	-	1:1
Otáčky max. výkonu	1/min	6000-6250	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	800	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	2050-4500	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	110.36
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	205.12

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	60	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW	12	Umístění	zavazadlový prostor	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.48
Připojena na	Anti-roll bars, active suspension, kompresor				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4995
Typ převodovky	-	Tiptronic	Šířka	mm	1951
Přední zavěšení	Multi-link		Výška	mm	1460
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2929
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1668
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1650
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	2150
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2740
Objem kufru	l	565-1680	Tažná kapacita	kg	750-2100
Radius zatočení	m	12.1	Cx	-	0.35
Objem nádrže	l	73	Sx	m ²	2.41
Max rychlost	km/h	250	Spotřeba kombi	l/100 km	11.5
Zrychlení 0-100 km/h	s	3.6	Spotřeba město	l/100 km	16.2
Emise CO ₂	g/km	263	Spotř. mimo město	l/100 km	8.9
Dojezd	km		Pohon	-	AWD

Cena	3 104 900 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [95], [96], [97], [98]

Číslo vozidla	4			
Obecné	Výrobce	BMW	Rok výroby	2019
	Model	M340d xDrive Touring	Typ	kombi

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	26
Objem	cm ³	2993	Kompresní poměr	-	16.5:1
Konfigurace	-	řadový 6válec	Průměr x výška válce	mm x mm	82 x 90
Max. výkon	kW	250	Poměr ø/ výška válce	-	0.91:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4400	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	700	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-2250	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	83.53
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	127.88

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	8	Kapacita	Ah	11
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	u motoru	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.528
Připojena na	ventilace, klimatizace, stereo, vyhřívání sedadel				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4713
Typ převodovky	-	Steptronic	Šířka	mm	1827
Přední zavěšení	Double wishbone		Výška	mm	1440
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2851
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1583
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1567
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1955
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2415
Objem kufru	l	500-1510	Tažná kapacita	kg	750-1800
Radius zatočení	m	12.0	Cx	-	0.28
Objem nádrže	l	59	Sx	m ²	2.22
Max rychlost	km/h	250	Spotřeba kombi	l/100 km	5.8
Zrychlení 0-100 km/h	s	4.8	Spotřeba město	l/100 km	7.8
Emise CO ₂	g/km	153	Spotř. mimo město	l/100 km	4.7
Dojezd	km		Pohon	-	AWD

Cena	1 703 000 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [99], [100], [101]

Číslo vozidla	5			
Obecné	Výrobce	BMW		Rok výroby
	Model	320d xDrive Touring		2020
			Typ	kombi

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1995	Kompresní poměr	-	16.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	84 x 90
Max. výkon	kW	140	Poměr ø/ výška válce	-	0.93:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4000-4400	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-2500	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	70.18
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	85.37

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	8	Kapacita	Ah	11
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	u motoru	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.528
Připojena na	ventilace, klimatizace, stereo, vyhřívání sedadel				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4709
Typ převodovky	-	Steptronic	Šířka	mm	1827
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1445
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2851
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1573
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1569
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1640
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2255
Objem kufru	l	500-1510	Tažná kapacita	kg	750-1800
Radius zatočení	m	11.4	Cx	-	0.32
Objem nádrže	l	59	Sx	m ²	2.2
Max rychlost	km/h	225	Spotřeba kombi	l/100 km	4.5
Zrychlení 0-100 km/h	s	7.4	Spotřeba město	l/100 km	5.2
Emise CO ₂	g/km	119	Spotř. mimo město	l/100 km	4.2
Dojezd	km	815	Pohon	-	AWD

Cena	1 198 600 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [38], [39], [40], [102], [103],

Číslo vozidla	6			
Obecné	Výrobce	BMW	Rok výroby	2020
	Model	520d	Typ	sedan

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1995	Kompresní poměr	-	16.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	85 x 90
Max. výkon	kW	140	Poměr ø/ výška válce	-	0.93:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-2500	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	70.18
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	81.16

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	8	Kapacita	Ah	11
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	u motoru	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.528
Připojena na	ventilace, klimatizace, stereo, vyhřívání sedadel				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4936
Typ převodovky	-	Steptronic	Šířka	mm	1868
Přední zavěšení	Double wishbone		Výška	mm	1479
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2975
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1605
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1630
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	1728
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2270
Objem kufru	l	530	Tažná kapacita	kg	750-2000
Radius zatočení	m	12.05	Cx	-	0.23
Objem nádrže	l	66	Sx	m ²	2.35
Max rychlost	km/h	235	Spotřeba kombi	l/100 km	4.3
Zrychlení 0-100 km/h	s	7.2	Spotřeba město	l/100 km	4.8
Emise CO ₂	g/km	108	Spotř. mimo město	l/100 km	4.0
Dojezd	km	983	Pohon	-	RWD

Cena	1 418 300 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [40], [41], [42], [43], [44]

Číslo vozidla	7			
Obecné	Výrobce	Ford	Rok výroby	2019
	Model	Puma 1.0 EcoBoost hybrid 155	Typ	crossover

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	12
Objem	cm ³	999	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 3válec	Průměr x výška válce	mm x mm	71.9 x 82
Max. výkon	kW	103	Poměr ø/ výška válce	-	0.88:1
Otáčky max. výkonu	1/min	6000	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	220	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1900	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	103
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	80.39

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	11.5	Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	50	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	v zavazadlovém prostoru	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.48
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	6	Délka	mm	4186
Typ převodovky	-	manuální	Šířka	mm	1930
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1536
Zadní zavěšení	Torsion beam		Rozvor	mm	2588
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1567
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1526
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1280
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1760
Objem kufru	l	456	Tažná kapacita	kg	640-1100
Radius zatočení	m	10.5	Cx	-	0.33
Objem nádrže	l	42	Sx	m ²	2.33
Max rychlost	km/h	199	Spotřeba kombi	l/100 km	4.5
Zrychlení 0-100 km/h	s	8.9	Spotřeba město	l/100 km	5.1
Emise CO ₂	g/km	101	Spotř. mimo město	l/100 km	4.1
Dojezd	km	954	Pohon	-	FWD

Cena	554 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: : [104], [105], [106], [107]

Číslo vozidla	8			
Obecné	Výrobce	Hyundai	Rok výroby	2020
	Model	i20 III 1.0 T-GDi 48 V MHEV DCT	Typ	hatchback

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	12
Objem	cm ³	998	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 3válec	Průměr x výška válce	mm x mm	71 x 84
Max. výkon	kW	88	Poměr ø/ výška válce	-	0.85:1
Otáčky max. výkonu	1/min	6000	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	200	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	200-3500	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	88.18
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	82.24

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	9
Max. moment	Nm	55	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW	10	Umístění	pod zavazadlovým prostorem	
Typ připojení	-	BiSG (MHSG)	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.44
Připojena na					

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4040
Typ převodovky	-	DCT	Šířka	mm	1775
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1450
Zadní zavěšení	Torsion beam		Rozvor	mm	2580
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1565
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1573
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1115
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1650
Objem kufru	l	351-1042	Tažná kapacita	kg	450-1110
Radius zatočení	m	10.2	Cx	-	0.3
Objem nádrže	l	50	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	185	Spotřeba kombi	l/100 km	5.1
Zrychlení 0-100 km/h	s	10.1	Spotřeba město	l/100 km	6.4
Emise CO ₂	g/km	105	Spotř. mimo město	l/100 km	4.3
Dojezd	km	660	Pohon	-	FWD

Cena	499 900 Kč
-------------	------------

Poznámky: 2)

Zdroje: [45], [46], [86]

Číslo vozidla	9			
Obecné	Výrobce	Mercedes Benz	Rok výroby	2019
	Model	C-Class C200 EQ(hybrid)	Typ	kupé

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1497	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	80.4 x 73.7
Max. výkon	kW	135	Poměr ø/ výška válce	-	1.09:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5800-6100	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	280	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	3000-4000	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	90.18
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	94.41

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	10	Kapacita	Ah	18.75
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění		
Typ připojení	-	BiSG (RSG)	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	aktivní vzduchem
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.9
Připojena na	dálková světla, klimatizace, posilovač řízení, vodní pumpa				

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	9	Délka	mm	4686
Typ převodovky	-	G-Tronic Plus	Šířka	mm	1810
Přední zavěšení	Multi-link		Výška	mm	1442
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2840
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1588
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1570
Počet dveří	-	2	Pohotov. hmotnost	kg	1430
Počet sedadel	-	4	Max. příp. hmotnost	kg	1985
Objem kufru	l		Tažná kapacita	kg	750-1600
Radius zatočení	m	11.2	Cx	-	0.26
Objem nádrže	l	66	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	239	Spotřeba kombi	l/100 km	6.1
Zrychlení 0-100 km/h	s	8.1	Spotřeba město	l/100 km	8.1
Emise CO ₂	g/km	138	Spotř. mimo město	l/100 km	5
Dojezd	km		Pohon	-	RWD

Cena	1 097 470 Kč
-------------	--------------

Poznámky: 3)

Zdroje: [47], [48], [49], [50]

Číslo vozidla	10			
Obecné	Výrobce	Seat	Rok výroby	2020
	Model	Leon Sportstourer 1.5 eTSi	Typ	kombi

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1498	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	74.5 x 85.9
Max. výkon	kW	110	Poměr ø/ výška válce	-	0.87:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5000-6000	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	250	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1500-3500	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	73.67
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	72.22

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW		Kapacita	Ah	
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění		
Typ připojení	-		Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4642
Typ převodovky	-	DSG	Šířka	mm	1799
Přední zavěšení		McPherson	Výška	mm	1448
Zadní zavěšení		Semigrigid axle	Rozvor	mm	2686
Přední brzdy-kotouč		s vnitřním chlazením	Rozchod přední	mm	1545
Zadní brzdy-kotouč		plné	Rozchod zadní	mm	1516
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1411
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1990
Objem kufru	l	620-1600	Tažná kapacita	kg	1500
Radius zatočení	m	10.5	Cx	-	0.29
Objem nádrže	l	50	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	221	Spotřeba kombi	l/100 km	5.8
Zrychlení 0-100 km/h	s	8.7	Spotřeba město	l/100 km	8
Emise CO ₂	g/km	131	Spotř. mimo město	l/100 km	4.9
Dojezd	km	937	Pohon	-	FWD

Cena	619 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [108], [109], [110], [111]

Číslo vozidla	11			
Obecné	Výrobce	Škoda	Rok výroby	2020
	Model	Octavia 1.0 TSI ECO E-Tec	Typ	liftback

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	12
Objem	cm ³	999	Kompresní poměr	-	11.5:1
Konfigurace	-	řadový 3válec	Průměr x výška válce	mm x mm	74.5 x 76.4
Max. výkon	kW	81	Poměr ø/ výška válce	-	0.98:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5500	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	200	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	2000-3000	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	81.08
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	69.98

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	13
Max. moment	Nm	50	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod sedadlem spolujezdce	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.6
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4689
Typ převodovky	-	DSG	Šířka	mm	1829
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1470
Zadní zavěšení	Compound link crank-axle		Rozvor	mm	2686
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1543
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1535
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	1341
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1900
Objem kufru	l	600-1555	Tažná kapacita	kg	1300
Radius zatočení	m	11.1	Cx	-	0.243
Objem nádrže	l	45	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	201	Spotřeba kombi	l/100 km	5.0
Zrychlení 0-100 km/h	s	10.6	Spotřeba město	l/100 km	6.4
Emise CO ₂	g/km	114	Spotř. mimo město	l/100 km	4.4
Dojezd	km	882	Pohon	-	FWD

Cena	553 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [51], [52], [53], [135], [145]

Číslo vozidla	12			
Obecné	Výrobce	Škoda		Rok výroby
	Model	Octavia 1.5 TSI ECO E-Tec		2020
			Typ	liftback

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1498	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	74.5 x 85.9
Max. výkon	kW	110	Poměr ø/ výška válce	-	0.87:1
Otáčky max. výkonu	1/min		Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	250	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min		Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	73.43
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	13
Max. moment	Nm	50	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod sedadlem spolujezdce	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	LI-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.6
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4689
Typ převodovky	-	DSG	Šířka	mm	1829
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1470
Zadní zavěšení	Compound link crank-axle		Rozvor	mm	2686
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1543
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1535
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	1400
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1920
Objem kufru	l	600-1555	Tažná kapacita	kg	
Radius zatočení	m	11.1	Cx	-	0.24
Objem nádrže	l	45	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	225	Spotřeba kombi	l/100 km	
Zrychlení 0-100 km/h	s	8.4	Spotřeba město	l/100 km	
Emise CO ₂	g/km	121	Spotř. mimo město	l/100 km	
Dojezd	km	849	Pohon	-	FWD

Cena	570 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [112], [113], [135], [145]

Číslo vozidla	13				
Obecné	Výrobce	Volkswagen		Rok výroby	2020
	Model	Golf VIII 1.0 eTSi MHEV		Typ	hatchback

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	12
Objem	cm ³	999	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 3válec	Průměr x výška válce	mm x mm	74.5 x 76.4
Max. výkon	kW	81	Poměr ø/ výška válce	-	0.98:1
Otáčky max. výkonu	1/min		Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	200	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	2000-3000	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	81.08
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	69.59

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW		Kapacita	Ah	
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod sedadlem spolujezdce	
Typ připojení	-		Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	7	Délka	mm	4284
Typ převodovky	-	DSG	Šířka	mm	1789
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1456
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2636
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1533
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1504
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1164
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1810
Objem kufru	l	381-1237	Tažná kapacita	kg	1300
Radius zatočení	m	10.9	Cx	-	0.275
Objem nádrže	l	50	Sx	m ²	2.21
Max rychlost	km/h	202	Spotřeba kombi	l/100 km	5.2
Zrychlení 0-100 km/h	s	9.7	Spotřeba město	l/100 km	6.4
Emise CO ₂	g/km	118	Spotř. mimo město	l/100 km	4.5
Dojezd	km		Pohon	-	FWD

Cena	751 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [114], [115], [116]

Číslo vozidla	14				
Obecné	Výrobce	Volkswagen		Rok výroby	2020
	Model	Golf VIII 1.5 eTSi MHEV		Typ	hatchback

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1498	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	74.5 x 85.9
Max. výkon	kW	110	Poměr ø/ výška válce	-	0.87:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5000-6000	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	250	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1500-3500	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	73.43
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	85.94

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	
Max. moment	Nm	25	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod sedadlem spolujezdce	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4284
Typ převodovky	-	DSG (DQ381)	Šířka	mm	1789
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1456
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2636
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1549
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1504
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1350
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1970
Objem kufru	l	380-1237	Tažná kapacita	kg	
Radius zatočení	m	10.9	Cx	-	0.275
Objem nádrže	l	50	Sx	m ²	2.21
Max rychlost	km/h	224	Spotřeba kombi	l/100 km	5.7
Zrychlení 0-100 km/h	s	8.5	Spotřeba město	l/100 km	7.5
Emise CO ₂	g/km	129	Spotř. mimo město	l/100 km	4.9
Dojezd	km	1063	Pohon	-	FWD

Cena	653 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [54], [55], [56], [57]

Číslo vozidla	15				
Obecné	Výrobce	Audi		Rok výroby	2019
	Model	Q8 50 TDI Quattro		Typ	SUV

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	24
Objem	cm ³	2967	Kompresní poměr	-	16:1
Konfigurace	-	V6	Průměr x výška válce	mm:mm	83 x 91.4
Max. výkon	kW	170	Poměr ø/ výška válce	-	0.91:1
Otáčky max. výkonu	1/min	3500-5000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	500	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1500-3000	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	57.29
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	79.25

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	60	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW	12	Umístění	zavazadlový prostor	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.48
Připojena na	Anti-roll bars, active suspension, kompresor				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4986
Typ převodovky	-	Tiptronic	Šířka	mm	2190
Přední zavěšení	Multi-link		Výška	mm	1705
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2995
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1679
Zadní brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod zadní	mm	1691
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	2235
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2890
Objem kufru	l	605-1755	Tažná kapacita	kg	750-2800
Radius zatočení	m	13.3	Cx	-	0.34
Objem nádrže	l	85	Sx	m ²	2.84
Max rychlost	km/h	226	Spotřeba kombi	l/100 km	6.9
Zrychlení 0-100 km/h	s	7.1	Spotřeba město	l/100 km	7
Emise CO ₂	g/km	182	Spotř. mimo město	l/100 km	6.4
Dojezd	km		Pohon	-	AWD

Cena	1 886 900 Kč
-------------	--------------

Poznámky:

Zdroje: [58], [59], [60], [61], [62]

Číslo vozidla	16				
Obecné	Výrobce	Hyundai		Rok výroby	2018
	Model	Tucson 2.0 Crdi 48 V MHD Premium SE DCT		Typ	SUV

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1995	Kompresní poměr	-	16:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	84 x 90
Max. výkon	kW	136	Poměr ø/ výška válce	-	0.93:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	68.17
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	81.29

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	12	Kapacita	Ah	9
Max. moment	Nm	55	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW	10	Umístění	pod zavazadlovým prostorem	
Typ připojení	-	BiSG (MHSG)	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg	20	Kapacita	kWh	0.44
Připojena na					

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4475
Typ převodovky	-	Semi-automatická	Šířka	mm	1850
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1650
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2670
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1608
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1620
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1673
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2250
Objem kufru	l	459-1449	Tažná kapacita	kg	750-1900
Radius zatočení	m	10.6	Cx	-	0.33
Objem nádrže	l	62	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	201	Spotřeba kombi	l/100 km	5.7
Zrychlení 0-100 km/h	s	9.5	Spotřeba město	l/100 km	6.1
Emise CO ₂	g/km	146	Spotř. mimo město	l/100 km	5.2
Dojezd	km		Pohon	-	4WD

Cena	839 990 Kč
-------------	------------

Poznámky: 2)

Zdroje: [63], [64], [65], [66], [67]

Číslo vozidla	17				
Obecné	Výrobce	Jeep		Rok výroby	2019
	Model	Wrangler Sport S 2.0 eTorque		Typ	SUV/Offroad

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1995	Kompresní poměr	-	10.0:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	84 x 90
Max. výkon	kW	201	Poměr ø/ výška válce	-	
Otáčky max. výkonu	1/min	5250	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	3000	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	100.92
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	102.75

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW		Kapacita	Ah	9
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod podlahou	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion (NMC)
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.43
Připojena na					

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4780
Typ převodovky	-	AT	Šířka	mm	1877
Přední zavěšení	Leading link		Výška	mm	1369
Zadní zavěšení	Trailing arm		Rozvor	mm	3007
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1598
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1598
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	1959
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2630
Objem kufru	l	897-2050	Tažná kapacita	kg	1580
Radius zatočení	m	12.44	Cx	-	0.48
Objem nádrže	l	81	Sx	m ²	2.92
Max rychlost	km/h		Spotřeba kombi	l/100 km	10.2
Zrychlení 0-100 km/h	s	7.6	Spotřeba město	l/100 km	10.7
Emise CO ₂	g/km	198	Spotř. mimo město	l/100 km	9.8
Dojezd	km		Pohon	-	4WD

Cena	1 049 600 Kč
-------------	--------------

Poznámky: 4)

Zdroje: [68], [69], [70], [71], [72]

Číslo vozidla	18				
Obecné	Výrobce	Kia		Rok výroby	2019
	Model	Sportage MHEV 2.0 CRDi EcoDynamics		Typ	SUV

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1995	Kompresní poměr	-	16:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	84 x 90
Max. výkon	kW	136	Poměr ø/ výška válce	-	0.93:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-2750	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	68.17
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	77.85

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	10	Kapacita	Ah	9.6
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod zavazadlovým prostorem	
Typ připojení	-	BiSG (MHSG)	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg	78	Kapacita	kWh	0.46
Připojena na	dotyková obrazovka, senzory, radio, klimatizace, el. ovládání oken				

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4495
Typ převodovky	-	AT	Šířka	mm	1855
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1645
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2670
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1609
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1620
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1747
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2250
Objem kufru	l	439-1428	Tažná kapacita	kg	750-1400
Radius zatočení	m	11	Cx	-	0.33
Objem nádrže	l	1747	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	201	Spotřeba kombi	l/100 km	5.8
Zrychlení 0-100 km/h	s	9.5	Spotřeba město	l/100 km	6.2
Emise CO ₂	g/km	153	Spotř. mimo město	l/100 km	5.4
Dojezd	km		Pohon	-	AWD

Cena	889 980 Kč
-------------	------------

Poznámky: 2)

Zdroje: [73], [74], [75], [76]

Číslo vozidla	19			
Obecné	Výrobce	Range Rover	Rok výroby	2019
	Model	Evoque P300	Typ	SUV/Offroad

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1997	Kompresní poměr	-	9.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	83 x 92.29
Max. výkon	kW	221	Poměr ø/ výška válce	-	0.9:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5500	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	400	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1500-4500	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	110.42
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	119.19

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	15	Kapacita	Ah	4,2
Max. moment	Nm		Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod podlahou	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	0.2
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	9	Délka	mm	4371
Typ převodovky	-	AT	Šířka	mm	1904
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1649
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2681
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1626
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1632
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1850
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2450
Objem kufru	l	591-1383	Tažná kapacita	kg	750-1800
Radius zatočení	m	11.6	Cx	-	0.36
Objem nádrže	l	67	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	242	Spotřeba kombi	l/100 km	10.8
Zrychlení 0-100 km/h	s	6.4	Spotřeba město	l/100 km	13.9
Emise CO ₂	g/km	186	Spotř. mimo město	l/100 km	7.4
Dojezd	km	827	Pohon	-	4WD

Cena	1 414 850 Kč
-------------	--------------

Poznámky: 5)

Zdroje: [37], [117], [118], [119]

Číslo vozidla	20				
Obecné	Výrobce	Reanult		Rok výroby	2017
	Model	Gr.Scenic IV 1.5 Energy dCi Hybrid Assist		Typ	MPV

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	8
Objem	cm ³	1461	Kompresní poměr	-	15.2:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	76 x 80.5
Max. výkon	kW	81	Poměr ø/ výška válce	-	0.94:1
Otáčky max. výkonu	1/min	4000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	260	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	SOHC	Specific output	kW/l	55.44
Počet ventilů/válec	-	2	Výkon na hmotnost	kW/t	53.82

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	10	Kapacita	Ah	3,1
Max. moment	Nm	15	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	za zadními sedačkami	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg	78	Kapacita	kWh	0.15
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	6	Délka	mm	4407
Typ převodovky	-	manuální	Šířka	mm	1866
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1645
Zadní zavěšení	Multi-link		Rozvor	mm	2734
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1602
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1596
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1505
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	2240
Objem kufru	l	506-1554	Tažná kapacita	kg	1850
Radius zatočení	m	11.4	Cx	-	
Objem nádrže	l	52	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	183	Spotřeba kombi	l/100 km	3.9
Zrychlení 0-100 km/h	s	12.4	Spotřeba město	l/100 km	4
Emise CO ₂	g/km	94	Spotř. mimo město	l/100 km	3.4
Dojezd	km		Pohon	-	FWD

Cena	777 990 Kč
-------------	------------

Poznámky:
Zdroje: [120], [121], [122], [123]

Číslo vozidla	21			
Obecné	Výrobce	Suzuki	Rok výroby	2020
	Model	Vitara 1.4 BoosterJet 48 V SHVS	Typ	SUV

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1373	Kompresní poměr	-	10.9:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	73 x 82
Max. výkon	kW	95	Poměr ø/ výška válce	-	0.89:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5500	Vstřikování	-	přímé
Max. moment	Nm	235	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	2000-3000	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	69.19
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	71.97

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	10	Kapacita	Ah	8
Max. moment	Nm	53	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	spodní část kufru	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg	45	Kapacita	kWh	0.385
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	6	Délka	mm	4175
Typ převodovky	-	manuální	Šířka	mm	1775
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	1610
Zadní zavěšení	Torsion beam		Rozvor	mm	2500
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1535
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1505
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	1275
Počet sedadel	-	5	Max. příp. hmotnost	kg	1770
Objem kufru	l	375-1120	Tažná kapacita	kg	1200
Radius zatočení	m	10.4	Cx	-	0.33
Objem nádrže	l	47	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h	190	Spotřeba kombi	l/100 km	4.9
Zrychlení 0-100 km/h	s	9.5	Spotřeba město	l/100 km	5.5
Emise CO ₂	g/km	104	Spotř. mimo město	l/100 km	4.6
Dojezd	km		Pohon	-	FWD

Cena	469 900 Kč
-------------	------------

Poznámky:

Zdroje: [77], [78], [79]

Číslo vozidla	22			
Obecné	Výrobce	Volvo	Rok výroby	2020
	Model	XC90 B5	Typ	SUV

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1969	Kompresní poměr	-	15.8:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	82 x 93.2
Max. výkon	kW	173	Poměr ø/ výška válce	-	0.88:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5000	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	480	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	87.86
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	81.56

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	10	Kapacita	Ah	
Max. moment	Nm	40	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	zavazadlový prostor	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg		Kapacita	kWh	
Připojena na	elektrický posilovač brzd, stereo, dálková světla				

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	4953
Typ převodovky	-	Geartronic	Šířka	mm	2008
Přední zavěšení	Double wishbone		Výška	mm	1457
Zadní zavěšení	Integr. axle with transverse composite leaf spring		Rozvor	mm	2924
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1630
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1617
Počet dveří	-	5	Pohotov. hmotnost	kg	2121
Počet sedadel	-	4-7	Max. příp. hmotnost	kg	2670
Objem kufru	l	314-1868	Tažná kapacita	kg	750-2700
Radius zatočení	m	12.1	Cx	-	0.33
Objem nádrže	l	71	Sx	m ²	2.78
Max rychlost	km/h	220	Spotřeba kombi	l/100 km	5.9
Zrychlení 0-100 km/h	s	7.6	Spotřeba město	l/100 km	7.1
Emise CO ₂	g/km	154	Spotř. mimo město	l/100 km	5.2
Dojezd	km		Pohon	-	AWD

Cena	1 679 900 Kč
-------------	--------------

Poznámky:
Zdroje: [124], [125], [126], [127]

Číslo vozidla	23			
Obecné	Výrobce	Dodge	Rok výroby	2020
	Model	RAM 1500 eTorque	Typ	Pickup Truck

ICE	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Palivo	-	benzin	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	6564	Kompresní poměr	-	10.5:1
Konfigurace	-	V8 Hemi MDS	Průměr x výška válce	mm x mm	99.49 x 90.88
Max. výkon	kW	295	Poměr ø/ výška válce	-	1.1:1
Otáčky max. výkonu	1/min	5600	Vstřikování	-	multi port seq.
Max. moment	Nm	556	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	3950	Zástavba	-	podélná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	44.94
Počet ventilů/válec	-	2	Výkon na hmotnost	kW/t	130.07

Elektrifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW	11.93	Kapacita	Ah	9
Max. moment	Nm	66.4	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	za zadními sedadly	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion (NMC)
48 V síť			Chlazení	-	aktivní vzduchem
Hmotnost	kg	40.8	Kapacita	kWh	0.43
Připojena na					

Techn. specifikace	<i>jednotky</i>			<i>jednotky</i>	
Počet přev. stupňů	-	8	Délka	mm	5814
Typ převodovky	-	ZF 8HP75	Šířka	mm	2085
Přední zavěšení	active 4 corner air suspension		Výška	mm	1922
Zadní zavěšení	active 4 corner air suspension		Rozvor	mm	3898
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	1741
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	1729
Počet dveří	-	4	Pohotov. hmotnost	kg	5308
Počet sedadel	-	5-6	Max. příp. hmotnost	kg	7100
Objem kufru	l	1526	Tažná kapacita	kg	5780
Radius zatočení	m	14.1	Cx	-	0.357
Objem nádrže	l	98	Sx	m ²	13.0
Max rychlost	km/h	209	Spotřeba kombi	l/100 km	10.7
Zrychlení 0-100 km/h	s	6.2	Spotřeba město	l/100 km	13.8
Emise CO ₂	g/km	253	Spotř. mimo město	l/100 km	9.8
Dojezd	km		Pohon	-	4WD

Cena	1 453 000 Kč
-------------	--------------

Poznámky:
Zdroje: [34], [128], [129], [130], [131]

Číslo vozidla	24			
Obecné	Výrobce	Ford	Rok výroby	2020
	Model	Transit 350 Trend 2.0 EcoBlue MHEV	Typ	van

ICE	jednotky			jednotky	
Palivo	-	diesel	Celkový počet vent.	-	16
Objem	cm ³	1996	Kompresní poměr	-	16.5:1
Konfigurace	-	řadový 4válec	Průměr x výška válce	mm x mm	84,01 x 90,03
Max. výkon	kW	125	Poměr ø/ výška válce	-	0.93:1
Otáčky max. výkonu	1/min	3500	Vstřikování	-	Common-rail
Max. moment	Nm	405	Umístění	-	vepředu
Otáčky max. momentu	1/min	1750-2750	Zástavba	-	příčná
Ventilový rozvod	-	DOHC	Specific output	kW/l	62.63
Počet ventilů/válec	-	4	Výkon na hmotnost	kW/t	61.91

Elektrifikace	jednotky			jednotky	
El. stroj			Baterie		
Max. výkon	kW		Kapacita	Ah	10
Max. moment	Nm	25	Napětí	V	48
Max. rekuperace	kW		Umístění	pod sedadlem spolujezdce	
Typ připojení	-	BiSG	Typ	-	Li-ion
48 V síť			Chlazení	-	
Hmotnost	kg	27	Kapacita	kWh	0.48
Připojena na					

Techn. specifikace	jednotky			jednotky	
Počet přev. stupňů	-	10	Délka	mm	5531
Typ převodovky	-		Šířka	mm	2112
Přední zavěšení	McPherson		Výška	mm	2426
Zadní zavěšení	Beam axle		Rozvor	mm	3300
Přední brzdy-kotouč	s vnitřním chlazením		Rozchod přední	mm	
Zadní brzdy-kotouč	plné		Rozchod zadní	mm	
Počet dveří	-	2	Pohotov. hmotnost	kg	2232
Počet sedadel	-	3	Max. příp. hmotnost	kg	3500
Objem kufru	l	8800	Tažná kapacita	kg	2800
Radius zatočení	m	11.5	Cx	-	0.319
Objem nádrže	l	80	Sx	m ²	
Max rychlost	km/h		Spotřeba kombi	l/100 km	6.2
Zrychlení 0-100 km/h	s		Spotřeba město	l/100 km	6.4
Emise CO2	g/km	216	Spotř. mimo město	l/100 km	6.0
Dojezd	km		Pohon	-	FWD

Cena	970 015 Kč
-------------	------------

Poznámky:
Zdroje: [80], [81], [82], [83]