

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Diplomová práce

Analýza hlavních vlivů ovlivňujících spotřebu energie v jedoucích dopravních zařízeních

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. David Klíma

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David KLÍMA**
Osobní číslo: **Z15522**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Analýza hlavních vlivů ovlivňujících spotřebu energie jedoucích dopravních zařízení**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je popis vlivů, které působí na jedoucí vozidlo a provedení analýz reálných vozidel a jejich následné vyhodnocení. Výstupem práce je přehled faktorů ovlivňujících spotřebu energie jedoucích dopravních zařízení.

Metodický postup:

1. Studium literatury, týkající se řešené problematiky.
2. Zpracování přehledu všech vlivů působících na jedoucí vozidlo.
3. Zvolení 2 vozidel vybrané kategorie dle legislativy a provedení analýzy hlavních vlivů.
4. Vyhodnocení výsledků.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **60-80 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Gscheidle, R. a kol.: Příručka pro automechanika, Europa Lehrmittel, Germany 2015, ISBN 978-3-8085-2163-2, 685 s.

Syrový, O. a kol.: Doprava v zemědělství, Profi Press, 2008, ISBN 978-80-86726-30-4, 248 s.

Vlk, F. Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-238-5273-6, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vlk, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství Vlk Brno 2001. 576 s.

Internetové stránky <http://www.zavolantem.cz/jizdni-odpory-sedm-statecnych-kteri-se-obratili-proti-nam>.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **31. ledna 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůská 1888, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. února 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to - v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20. dubna 2018

.....
Bc. David Klíma

Abstrakt

Tato diplomová práce na téma analýza hlavních vlivů ovlivňujících spotřebu energie v jedoucích dopravních zařízeních má za cíl poukázat na vliv jízdních odporů a jiných veličin na celkovou spotřebu energie. V první části se práce zabývá teorií o silniční dopravě, teorii jízdních odporů a také ekonomikou jízdy a měření spotřeby paliva.

Druhá část se zabývá výpočtem odporů vybraných automobilů a jejich spotřebou.

Klíčová slova:

Spotřeba paliva, jízdní odpory, ekonomika jízdy

Abstract

This thesis on the analysis of the main reasons influencing the energy consumption in the moving transport vehicles is focused on point out the effect of the driving resistances and other quantities on the total energy consumption. In the first part the thesis deals with the theory of road transport, theory of driving resistances and also economics of driving and measurement of fuel consumption.

The second part deals with the calculation of resistance of selected cars and their consumption.

Key words:

Fuel consumption, driving resistances, economics of driving

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za obětavou pomoc, cenné rady a připomínky, které mě vedly ke konečné formě této diplomové práce.

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Literární přehled.....	10
2.1	Silniční doprava.....	10
2.2	Silniční motorová vozidla.....	11
2.2.1	Rozdělení silničních vozidel	11
2.2.2	Individuální automobilová doprava	12
2.2.3	Rozdělení pozemních komunikací	12
2.2.4	Dálnice	12
2.2.5	Silnice.....	13
2.2.6	Účelová komunikace.....	14
2.2.7	Polní cesty	15
2.2.8	Lesní cesty.....	16
2.3	Hlavní Faktory ovlivňující hospodárnost dopravních zařízení	18
2.4	Řidič a jeho vliv na hospodárnost spotřeby energie.....	19
2.4.1	Technika jízdy řidiče.....	19
2.4.2	Školení řidičů	20
2.5	Vozidlo a jeho vliv na hospodárnost energie	22
2.5.1	Odpor valivého tření	23
2.5.2	Setrvačnost (odpor zrychlení)	24
2.5.3	Aerodynamický odpor.....	25
2.5.4	Odpor ze stoupání (sklonu)	26
2.5.5	Odpor přívěsu.....	27
2.5.6	Odpor převodového mechanismu a odpor skluzu hnacích kol	27
2.5.7	Shrnutí odporů.....	27
2.6	Vliv prostředí a jiných aspektů na hospodárnost.....	28
2.6.1	Volba vhodného oleje	30
2.6.2	Pneumatiky a jejich vliv.....	31
2.6.3	Barva a její vliv na spotřebu.....	31
2.7	Měření spotřeby pomocí normy NEDC	32
2.8	Měření spotřeby pomocí normy WLTP	34
2.9	Test organizace německých motoristů (ADAC)	35
2.10	Výpočty spotřeby paliva u ICE	36
3.	Cíl práce	38
4.	Metodika	39

4.1	Vozidlo kategorie mini	39
4.2	Vozidlo kategorie SUV	41
4.3	Vybraná trasa.....	43
4.4	Použité pomůcky	45
5.	Vlastní práce.....	47
5.1	Městská trasa	47
5.1.1	Zjištěné hodnoty – městská trasa kategorie mini	48
5.1.1	Zjištěné hodnoty – městská trasa kategorie SUV	49
5.2	Trasa mimo město	50
5.2.1	Škoda Citigo.....	51
5.2.1	Škoda Kodiaq.....	52
5.3	Sportovní styl řízení	53
6.	Výsledky a diskuze	54
7.	Závěr	60
8.	Seznam literatury	63
9.	Seznam obrázků	65
10.	Seznam tabulek	67
11.	Seznam grafů.....	68
12.	Seznam příloh.....	69

1. Úvod

Každý den se po celém světě pohybují miliony automobilů. Z celosvětového hlediska většinu tvoří osobní automobily, následující motocykly, užitková vozidla, traktory a autobusy. Život bez motorizované dopravy by si už dnes nikdo v moderním světě nedokázal představit. Význam dopravy se zvyšuje každým rokem a s tím souvisí i otázka spotřeby energie dopravních zařízení.

Vliv na tuto spotřebu má mnoho veličin, některé jsou zdánlivě banální, avšak mají velký vliv. V první řadě je to konstrukce dopravního zařízení, které určují už konstruktéři při vývoji vozidla. Jedná se např. o tvar a rozměry, volbu vhodného motoru, váhu a jiné konstrukční řešení. Velmi důležitým faktorem, který může každý z nás jednoduše ovlivnit je ekonomika provozu. Tu samozřejmě ovlivňují výše zmíněné vlastnosti dopravního zařízení, ale především sem patří řídičské zkušenosti a dovednosti, které mají zásadní vliv na spotřebu pohonných hmot. Důležitý je také pravidelný servis a volba vhodných pneumatik v závislosti na ročním období či povětrnostních podmínkách.

Trendem posledních let v oblasti vývoje osobních automobilů je zmenšování zdvihového objemu motoru při zachování původních výkonů, využití lehkých slitin jako konstrukčního materiálu a také nasazení tzv. hybridní technologie, která kombinuje nízko objemový spalovací motor nejčastěji s elektromotorem. Další alternativou je dopravní zařízení pouze s elektromotorem.

Všechny vyjmenované aspekty mají zásadní vliv na snížení spotřeby energie v dopravních zařízeních a s tím související úlevu pro již tak velmi zatěžované životní prostředí.

2. Literární přehled

2.1 Silniční doprava

Silniční doprava je historicky nejstarší druh pozemní dopravy. Jedná se o celosvětově nejvíce využívaný druh osobní dopravy. Ve většině vyspělých zemí má většinový podíl v nákladní dopravě, zejména v té vnitrostátní. Na světě se tedy nejvíc osob a velký podíl nákladu přepraví právě po silnici. Silnicí se obecně rozumí v krajině zřetelná spojnice dvou nebo více míst. Obvykle je to zpevněná, bezpečná a „rovná“ cesta. Ovšem zdaleka ne všude a vždy na světě tomu tak je a bylo. V současnosti je nejdůležitějším materiálem na jejich stavbu asphalt. Podle svého významu se silnice dělí do tzv. tříd a společně tvoří tzv. silniční síť, jejíž hustota a kvalita je základem dopravní infrastruktury všech vyspělých zemí. V ČR se nachází kolem 55 tisíc km silnic, nezpevněné komunikace jako jsou lesní a polní cesty se sem ale nepočítají. Silnice slouží hlavně pro automobily. Můžeme je využívat k chůzi či cyklistice, vše má však svá pravidla. [9]

Silniční doprava může být osobní i nákladní. Osobní se dále dělí na individuální (osobními automobily) a hromadnou dopravu (autobusy, trolejbusy, ad.). Výhodou silniční dopravy je její hustá síť, která zajišťuje snadnou dopravní obslužnost. Naopak železniční a vodní doprava jsou omezeny dostupností železnice a délkou splavných řek.

Doprava se také v posledních desetiletích stala významným faktorem ovlivňující životní prostředí člověka, a to jak v pozitivním, tak i negativním směru. Nejzávažnějším problémem je kontaminace ovzduší emisemi, především vzhledem k jejich významnému negativnímu vlivu na lidské zdraví, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy.

Odhaduje se, že hmotnostní jednotka exhalátů z motorové dopravy je ve městě a ve velkých obytných aglomeracích 10 – ti násobná oproti exhalátům vzniklých z jiných zdrojů (průmysl, topení) a dokonce 100násobná oproti jiným exhalátům v oblastech mimo město. Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší je spalování pohonných hmot. Výfukové plyny motorových

vozidel obsahují stovky chemických látek v různých koncentracích s různými účinky na zdraví člověka. [1]

2.2 Silniční motorová vozidla

Silniční vozidlo je motorové nebo nemotorové vozidlo, které je vyrobené za účelem provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí. [Dle Zákona 63/2017 Sb.,]

Dopravní zařízení pro silniční dopravu je obecně kolové strojní zařízení účelové konstrukce, určené pro dopravu rozmanitých břemen. Lze říci, že tato definice už platí od roku 1908, kdy bylo ve 27. dílu Ottova naučného slovníku, v oddílu V. poprvé napsáno, že: „vůz je zařízení pro dopravu osob a zboží na kolech“, který se pohyboval po spojovacím prostředku, tvořeném silnicí nebo železnicí, tažený „samochodem, čili automobilem“. Současná legislativa (Nařízení vlády č. 176/2008, §2, odst. a)) uvádí definici, že strojní zařízení je soubor, který je vybaven, nebo má být vybaven poháněcím systémem, který nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu, sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, vzájemně spojených za účelem stanoveného použití. [7]

2.2.1 Rozdělení silničních vozidel

Silniční vozidla se rozdělují na tyto základní druhy:

- a) motocykly,
- b) osobní automobily,
- c) autobusy,
- d) nákladní automobily,
- e) vozidla zvláštního určení a speciální vozidla,
- f) přípojná vozidla,
- g) ostatní silniční vozidla.

(Dle Zákona 63/2017 Sb.,)

2.2.2 Individuální automobilová doprava

Automobil je jedním ze symbolů moderní doby a jejího konzumního stylu života. Auto již má dnes téměř každá evropská rodina. Není ničím neobvyklým, že některé rodiny vlastní automobily dokonce dva. Není tedy divu, že osobními automobily se uskutečňuje asi 60 % veškeré osobní dopravy ve světě. Automobil je velmi oblíben kvůli své flexibilitě (můžeme jím jet kdykoliv a téměř kamkoliv chceme) a také díky stále většímu individualismu lidí (chceme se pohybovat nezávisle na jiných a rozhodovat za sebe). Automobil však má i řadu nevýhod. Jeho provoz je relativně drahý, má malou kapacitu a na přepravenou osobu spotřebovává hodně paliva. Se spalováním paliv je navíc spojena produkce škodlivin do ovzduší. Dalším problémem je velká náročnost automobilu na prostor, jeho parkování vyžaduje velké plochy, kterých hlavně ve městech není nadbytek. Počet automobilů ve světě přesto neustále roste. Odhaduje se, že v roce 2020 počet všech aut ve světě vzroste ze současných 700 milionů na 1,6 miliardy, tedy více jak dvounásobek. [8]

2.2.3 Rozdělení pozemních komunikací

Zákon o pozemních komunikacích č.13/1997 uvádí v §2 následující rozdělení pozemních komunikací (PK):

1. Dálnice
2. Silnice
3. Místní komunikace
4. Účelová komunikace

2.2.4 Dálnice

Dálnice (viz obr. 1) je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu motorovými vozidly, která je budována bez úrovnových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy. Rychlost je legislativou omezena v obci na 80 km.h⁻¹, mimo obec 130 km.h⁻¹. Je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejich

nejvyšší povolená rychlost není nižší než $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (konstrukční rychlost vyšší jak $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Rychlostní silnice či silnice pro motorová vozidla je PK dálničního typu. Z hlediska nákladů na výstavbu tvoří levnější variantu dálnic. Stejně jako dálnice mají rychlostní silnice návrhovou rychlost alespoň $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, u rychlostních silnic nejčastěji $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jsou konstruovány tak, že pro každý směr jízdy musejí být alespoň dva jízdní pruhy a zpravidla všechna křížení jsou mimoúrovňová. Oproti dálnicím však rychlostní silnice mají některé parametry rozdílné: nemusejí mít levou krajnici, mají o půl metru užší zpevněnou krajnici (odstavný pruh), střední dělicí pás je také o půl metru užší, mohou mít větší klesání a stoupání (podélný sklon) než dálnice, mají nižší nároky na poloměry křižovatekových větví. Rychlost je legislativou omezena v obci na $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, mimo obec $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. [7]



Obr. 1 – Dálnice, zdroj: www.zaktv.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.2.5 Silnice

Silnice (viz obr. 2) je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Rychlost je legislativou omezena v obci na $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, mimo obec $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, pokud není dopravními značkami stanoveno jinak. Silnice tvoří silniční síť.



Obr. 2 – Silnice I. třídy, zdroj: <https://www.google.cz/maps> („staženo dne: 25. 2. 2018“)

Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd:

1. Silnice I. třídy – určena zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu
2. Silnice II. třídy – určena pro dopravu mezi okresy
3. Silnice III. třídy – určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace [7]

2.2.6 Účelová komunikace

Účelová komunikace je podle § 7 Zákona o pozemních komunikacích (13/1997 Sb.) označení pro kategorii pozemních komunikací, které slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků. Přímé připojení sousední nemovitosti na pozemní komunikaci však není účelovou komunikací (§ 10 odst. 1 zák.). ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací definuje účelovou komunikaci podobně: „Účelová komunikace je pozemní komunikace umožňující dopravní spojení výrobního závodu, uzavřených prostorů, osamělých objektů apod. se sítí silnic a místních komunikací nebo vytvářející dopravních spojení

uvnitř uzavřených prostorů a objektů; může být zcela nebo částečně nepřístupná veřejnému provozu.“ [7]

2.2.7 Polní cesty

Polní cesta (viz obr. 3) je druh účelové komunikace. ČSN 73 6109 ji definuje jako účelovou komunikací, která slouží zejména zemědělské dopravě a může plnit i jinou dopravní funkci, jako cyklistická stezka nebo stezka pro pěší, a charakterizuje ji jako směrově nerozdělenou komunikaci. Nazývají se tak nejen cesty mezi poli, ale i jinde ve volné krajině. Polní cesty slouží ke zpřístupnění staveb a pozemků vzdálených od silnic či místních komunikací vlastníkům pro účely dopravy a zemědělské výroby a jejich napojení na síť silnic, místních komunikací, lesních cest nebo jiných účelových komunikací a ke zpřístupnění krajiny a propojení důležitých bodů ve volné krajině s ohledem na vedení turistických tras (pěších, cyklistických, jezdeckých, lyžařských). Účelem polní cesty může být i vyloučení účelové zemědělské dopravy ze silnice. Polní cesty a vegetace kolem nich dotváří ráz krajiny a zvyšují její biodiverzitu, trvalým a výrazným způsobem ohraničují pozemky a katastrální území. Polní cesty mohou mít význam v protierozní ochraně půdy a vodohospodářství.

ČSN 73 6109 dělí polní cesty do třech hlavních kategorií. Návrhové parametry se uvádějí písmenem P a údajem o návrhové šířce a za lomítkem návrhové rychlosti (například P7,0/50 nebo P3,0/30).

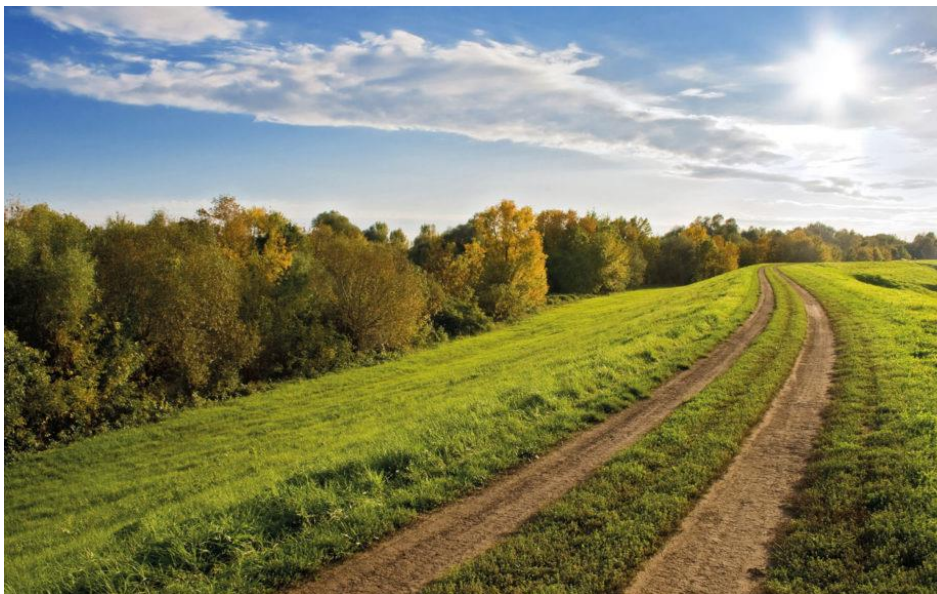
a) Hlavní polní cesty: návrhová šířka 7 až 4 metry, návrhová rychlost 50 až 30 km.h⁻¹, jedno i dvoupruhové, slouží pro svoz zemědělské produkce z oblasti 50 až 500 ha;

b) Vedlejší polní cesty: návrhová šířka 4,5 až 3,5 metrů, návrhová rychlost 30 km.h⁻¹, jednopruhé, slouží pro svoz zemědělské produkce z oblasti 50 až 200 ha;

c) Doplnkové polní cesty: návrhová šířka 3,5 až 3 metry, návrhová rychlost 30 km.h⁻¹, jednopruhé, nezpevněné.

Oficiálně neplatí pro polní cesty žádné omezení rychlosti. Pro motorová vozidla tedy platí obecné omezení rychlosti na 90 km.h⁻¹ a pro nemotorová

vozidla není rychlost konkrétní hodnotou omezena. Zastavěná část obce se na polních cestách dopravní značkou nevyznačuje, takže v ní neplatí omezení rychlosti na $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, typicky však polní cesty zastavěným územím nevedou. Na rychlost jízdy se vztahuje především obecná povinnost přizpůsobit rychlost jízdy schopnostem řidiče, vlastnostem vozidla a nákladu, stavu pozemní komunikace a dalším okolnostem. [7]



Obr. 3 – Polní cesta, zdroj: www.zitkrajinou.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.2.8 Lesní cesty

Lesní cesta (viz obr. 4) je termín vyhrazený pro komunikace sloužící primárně lesnímu hospodářství; turistickým a jiným veřejným účelům slouží kromě nich ještě lesní stezky a lesní pěšiny. Lesní cesty jsou v České republice definovány a kategorizovány v ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť (3/1996). Norma rozděluje lesní cesty do 4 skupin:

a) Lesní cesta 1. třídy je odvozní cesta umožňující celoroční provoz, vybavená vozovkou umožňující zimní údržbu. Minimální šířka jízdního pruhu je 3 metry a minimální průjezdní šířka 4 metry. Maximální podélný sklon je 10 %, v krátkých úsecích v horách až 12 %.

b) Lesní cesta 2. třídy je odvozní cesta umožňující alespoň sezonní provoz. Povrch cesty se doporučuje vybavit zpevněním nebo jednoduchou vozovkou

s prašným povrchem, není-li podloží samo o sobě dost pevné. Minimální šířka jízdniho pruhu je 2,5 metry a minimální průjezdní šířka 3,5 metrů. Podélný sklon nemá překročit 12 %.

c) Lesní cesta 3. třídy je přibližovací cesta sjízdná pro traktory a speciální přibližovací prostředky, v příznivých případech i pro terénní motorová vozidla. Minimální volná šířka cesty je 3 metry. Povrch může být provozně zpevněn, částečně zpevněn nebo nezpevněn.

d) Lesní cesta 4. třídy může být přibližovací cesta nebo přibližovací linka pro stahování dřeva po spádnicí s nezpevněným povrchem a neodstraněnou organickou vrstvou půdy, o šířce minimálně 1,5 metru, bez dalšího vybavení. [7]



Obr. 4 – Lesní cesta, zdroj: www.cz.wallpapers-fenix.eu

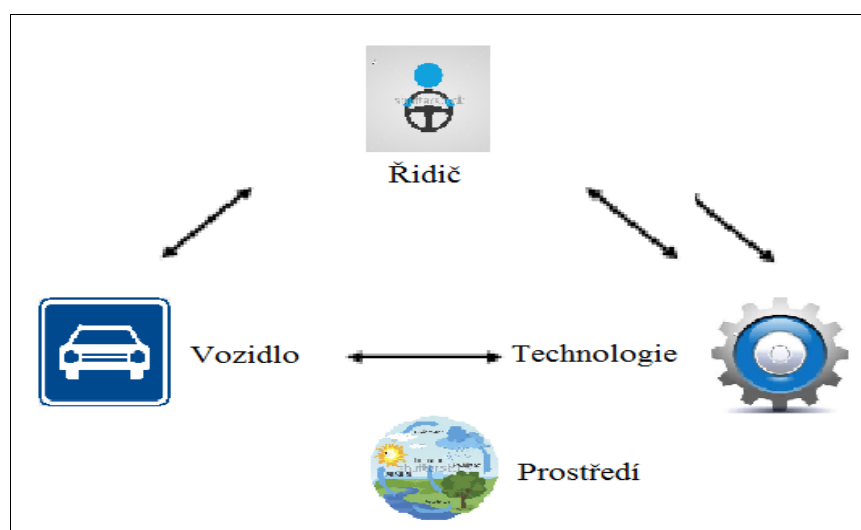
(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

Legislativně neplatí pro lesní cesty žádné omezení rychlosti. Pro motorová vozidla tedy platí obecné omezení rychlosti na $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a pro nemotorová vozidla není rychlost konkrétní hodnotou omezena. Podle ČSN 73 6108 je pro návrhové vozidlo (Tatra 815 + návěs) na nejkvalitnějších lesních cestách (šířka koruny vozovky cca 5 m) maximální návrhová rychlost $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Na rychlost se vztahuje především obecná povinnost přizpůsobit rychlost jízdy schopnostem řidiče, vlastnostem vozidla a nákladu, rozhledovým podmínkám, povrchu cesty, svažitosti cesty a dalším okolnostem. [7]

2.3 Hlavní Faktory ovlivňující hospodárnost dopravních zařízení

Při zkoumání faktorů ovlivňujících hospodárnost jízdy (dále HJ) se nelze zaměřit pouze na jednoho činitele. Klíčovým prvkem je samozřejmě řidič. Ten sám ale nestačí. Celkem to jsou tyto tři:

- Řidič
- Vozidlo
- Technologie



Obr. 5 – Diagram systému ovlivňující hospodárnost, zdroj: autor

Tyto činitele tvoří navzájem provázaný systém (viz obr. 5). Tento systém pracuje v určitém prostředí. Kvalita systému řidič–vozidlo–technologie a schopnost přizpůsobení se prostředí se pak odráží v hospodárnosti a bezpečnosti jízdy.

Každý prvek systému ovlivňuje všechny ostatní a ovlivňuje tak výslednou hospodárnost a bezpečnost. Řidič je klíčovým prvkem celého systému. Podstatným faktorem HJ je to, jak je řidič seznámen s vozidlem a jak vozidlo ovládá. Dále jsou to jeho zkušenosti a svou roli hrají také povahové vlastnosti.

Z pohledu vozidla jsou pak podstatné technické parametry, výbava a stáří vozidla. Z pohledu technologie lze zmínit například přístup managementu společnosti k hospodárnosti, schopnost motivovat řidiče a ochotu investovat do

jejich školení. Dále také plánování přeprav tak, aby poskytly řidičům prostor pro dodržování zásad HJ.

V praxi se nelze zaměřit pouze na hospodárnou jízdu. Pokud by řidič bral v úvahu pouze hospodárnost, směřoval by k extrému popírajícímu některé zásady bezpečné jízdy. Jako příklad lze uvést udržování konstantní rychlosti. Pokud by řidič po celou cestu udržoval konstantní rychlost 80 km.h-1 byla by jeho spotřeba jistě výrazně nižší, než pokud by zpomaloval a opětovně se rozjížděl. Rozpor nastává ve chvíli, kdy bude přijíždět do obce, kde je zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů [12], upravena maximální rychlost na 50 km.h-1. Hospodárné by bylo udržovat stále konstantní rychlost 80 km.h-1, což je nejenom nelegální ale i dosti nebezpečné. Proto je na prvním místě vždy bezpečnost jízdy.

2.4 Řidič a jeho vliv na hospodárnost spotřeby energie

2.4.1 Technika jízdy řidiče

Průzkumy ukazují, že rozdíl ve spotřebě paliva mezi nejlepším a nejhorším řidičem dopravních společností (stejná specifikace vozidla, hmotnost nákladu i trasa) může činit 20 – 30 %. Důvodem tohoto rozdílu nemusí být fakt, že by jeden z řidičů byl horším řidičem než druhý, ale pouze nemusí mít všechny potřebné informace a zkušenosti k tomu, aby dokázal snížit spotřebu paliva svého nákladního automobilu na úroveň jeho spolupracovníků. Již po absolvování autoškoly má každý řidič jiné počáteční dovednosti a další zdokonalování záleží na každém jednotlivci. Dalším faktorem rozličné kvalifikace řidičů je informovanost o technice vozidla a správných návycích zajišťujících úspornou a hospodárnou jízdu.

Vzhledem ke značným kvalitativním rozdílům mezi řidiči dnes všichni dodavatelé nákladních vozidel poskytují služby pro podporu a výuku řidičů. Obecně se tato služba nazývá školení řidičů a dělí se do mnoha rozličných kategorií dle požadavků majitelů dopravních společností. [11]

2.4.2 Školení řidičů

Dopravní společnost, vlastnící nejmodernější techniku ve svém vozovém parku, nemá předem zaručeno, že její nová vozidla budou jezdit hospodárněji než srovnatelná starší nákladní vozidla. Tato skutečnost je dána nekvalifikovanými řidiči, kteří nejsou schopni naplno využít technický potenciál vozidla vlivem neznalosti všech systémů a vlastností vozidla. K tomuto účelu si mohou majitelé dopravních společností objednat pro své zaměstnance školení zaměřené na zlepšení technických znalostí a získání správných návyků při ekonomické jízdě.

Mezi základní typy školení řidičů patří:

- teorie ekonomické jízdy,
- teorie i praxe ekonomické jízdy,
- zkušební jízdy,
- coaching řidičů,
- školení bezpečné jízdy,
- školení defenzivní jízdy,
- škola smyku,
- školení technika dopravní společnosti,
- školení profesních průkazů.

Teoretické školení ekonomické jízdy je základním typem výuky řidičů. Školení se odehrává na učebně s využitím audiovizuální techniky a odborného školitele. Jsou vyučovány zásady ekonomické jízdy z pohledu správného používání všech ovládacích prvků a systémů vozidla. Tímto školením by měl projít každý řidič již při převzetí nového vozidla. Dalším typem je teorie i praxe ekonomické jízdy. Jedná se o rozšíření teoretické části o praktickou jízdu školitele s řidiči. V první fázi jede řidič ve svém nákladním vozidle pod dohledem školitele, který pozorně sleduje veškeré prohřešky proti hospodárné jízdě. Poté následuje konzultace s řidičem o jeho jízdním stylu a zdůraznění jeho řidičských nedostatků. Na závěr řidič svoji jízdu zopakuje a snaží se aplikovat nově získané vědomosti pro snížení spotřeby paliva. Zkušební jízda spočívá v účasti školitele jako druhého člena

posádky vozidla. Školitel plní úlohu druhého řidiče a zároveň pozorovatele při předem určené vícedenní přepravě. Konzultuje s řidičem jeho nedostatky, radí a zároveň ukazuje zásady ekonomické jízdy při své vlastní jízdě. Coaching řidičů je dlouhodobějším typem školení. Je založen na skutečnosti, že po jednorázovém školení řidič dodržuje zásady úsporné jízdy pouze po určitou dobu a vlivem delšího časového odstupu, stresu a nízké motivace se postupně opět vrátí k zavedeným návykům, které se s úspornou jízdou neslučují. Proto při tomto druhu školení školitel pravidelně kontroluje přes online systém vozidlo daného řidiče, zjišťuje případné prohřešky a neprodleně řidiče upozorní na provedené nedostatky. Řidič tak neustále napravuje své zlozvyky. Školení bezpečné jízdy je zaměřeno na zjišťování chování řidiče ve všech jízdnicích režimech a jeho způsob defenzivní jízdy při daném režimu. Školitel zjistí veškeré 31 znalosti a schopnosti řidiče a poradí mu, jak je zdokonalit. Na závěr školení je každému řidiči vystaven hodnotící formulář, který slouží pro motivaci k učení nových poznatků bezpečné jízdy. Obdobným druhem výuky je školení defenzivní jízdy. Jedná se pouze o teoretickou formu školení, při které jsou probírány interaktivně rozborů dopravních situací, aktivní i pasivní bezpečnosti, sledování provozu a předvídavosti. Výsledkem by mělo být uvědomění řidičů o zásadách defenzivní jízdy, která rozhodně nemusí být pomalá a náročná, jak se mnozí řidiči mylně domnívají. Speciálním typem školení je škola smyku. Jedná se o většinou jednodenní kurz, který je složen z teoretické i praktické části. Nejprve jsou řidičům vysvětleny zásady reakcí při krizových situacích, které si poté osobně mají možnost ověřit na zkušebním polygonu. Jsou rozděleni do skupin, kde každá ze skupin cvičí jiný druh krizových situací. Polygon se skládá z několika zkušebních ploch, kde se trénuje krizové brzdění na suchém a mokřém povrchu s různými poměry jednotlivých povrchů, průjezd vrstvou stojaté vody, zkouška aquaplaningu a průjezd zatáčkou se simulací zledovatělé vozovky. Pro osobní automobily se nabízí ještě další zkušební plochy, nákladní automobily jsou však limitovány svými rozměry a hmotností pro absolvování složitějších manévřů. Školením, které není určeno přímo pro řidiče, ale pro dispečery a techniky dopravních společností, je služba školení technika. Základním předpokladem

tohoto školení je, aby všechna vozidla dopravní společnosti byla vybavena monitorovacím systémem, který dává do sídla společnosti podrobné informace o jízdním stylu řidičů. Technik je proškolen v takovém rozsahu, aby byl schopen sledovat jízdní styly řidičů a pomáhat svěřenému týmu řidičů ke dlouhodobému snižování spotřeby paliva. Každý řidič, který řídí vozidlo nad 3,5 tuny v pracovněprávním vztahu, má ze zákona povinnost vlastnit profesní průkaz řidiče. Současná podoba pravidel pro získání a udržení platnosti profesního průkazu ukládá povinnost absolvovat vstupní školení v rozsahu 140 hodin pro řízení vozidel skupiny C a 280 hodin pro vozidla skupiny D. Platnost profesního průkazu je 5 let. Každý řidič však musí také absolvovat pravidelná roční školení v rozsahu 7 hodin. Tato školení by měla řidičům poskytnout aktuální informace ohledně novinek v zákonech týkajících se silničního provozu. Toto školení 32 mohou provádět akreditovaná školicí střediska a autoškoly. Výrobci nákladních vozidel tak částečně využívají i tohoto povinného pravidelného školení ke zdokonalování znalostí a vědomostí řidičů o základech ekonomické a úsporné jízdy a využívání technického potenciálu vozidla. [11]

2.5 Vozidlo a jeho vliv na hospodárnost energie

Řídit hospodárně znamená v praxi, že řidič řídí s důrazem na snižování spotřeby paliva, kdy je to jenom možné, a s důrazem na výkon vždy, kdy je to potřeba. Principy hospodárné jízdy vycházejí z fyzikálních zákonů. Motor vyvíjí sílu, která je přes hnací ústrojí přenášena na kola. Zjednodušeně lze konstatovat, že síla přiváděná na kola musí překonat odporové síly, aby uvedla vozidlo do pohybu a v pohybu ho udržela. Jízdní odpory rozlišujeme tyto:

- Odpor valivého tření;
- Setrvačnosti (odpor zrychlení);
- Aerodynamický;
- Tření převodového mechanismu;
- Tření skluzu hnacích kol;

- Odpor přivěsu [10].

2.5.1 Odpor valivého tření

Valivý odpor vzniká především deformací pneumatiky, případně deformací vozovky. Odpor, který je způsoben deformací vozovky není schopen řidič ovlivnit. Odpor plynoucí z deformace pneumatiky lze částečně regulovat správným huštěním pneumatik. Špatné huštění pneumatik vede nejenom ke zvýšení spotřeby paliva, ale i ke zvýšení jejich opotřebení a tudíž k výraznému zkrácení doby jejich životnosti. Pokud je pneumatika nahuštěna na 70 % předepsaného tlaku, znamená to nárůst spotřeby paliva o 4 %.

Valivý odpor je dán vztahem:

$$O_f = F_z \cdot \frac{e}{r_d} = G_v \cdot \cos \alpha \cdot \frac{e}{r_d} = G_v \cdot \cos \alpha \cdot f \quad [N] \quad (1)$$

kde:

$\cos \alpha$ je úhel svírající rovinu vozovky s vodorovnou rovinou

f je součinitel odporu valení

G_v je tíha vozidla

Povrch	f_k	Povrch	f_k
Asfalt	0,01 – 0,02	Travnatý terén	0,08 – 0,15
Beton	0,015 – 0,025	Písečný terén	0,15 – 0,30
Dlažba	0,02 – 0,03	Čerstvý sníh	0,20 – 0,30
Polní cesta suchá	0,04 – 0,15	Bahnitá půda	0,20 – 0,40
Polní cesta mokrá	0,08 – 0,20	Náledí	0,01 – 0,025

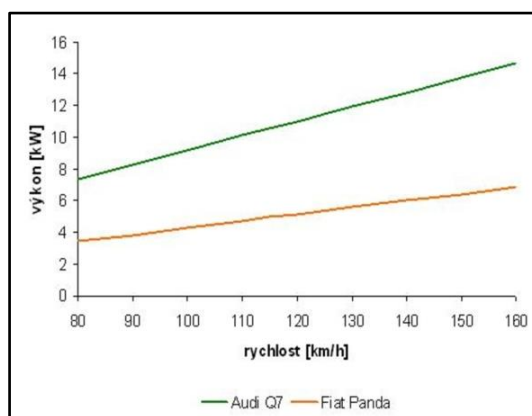
Obr. 6 – Vliv povrchu vozovky na velikost součinitele odporu valení, zdroj:

www.zavolantem.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)

Kromě samotného valivého odporu působí na vozidlo ještě některé další odpory. Mezi ně patří odpor vznikající vlivem sbíhavosti předních kol. Obvykle se s ním v praktických výpočtech neuvažuje, protože dosahuje velmi malých hodnot. Jízdní odpor vzniká i při jízdě po nerovných vozovkách, kde dochází v pneumatikách k přidavným deformacím. Kola vozidla se při jízdě stýkají

s okolním vzduchem, tím dochází ke vzniku vzdušného odporu kol. Obvykle se samostatně neuvažuje, je přičítán ke vzdušnému odporu celého vozidla. Další odpory vznikají při zatáčení vozidla, kdy se kola odvalují se směrovými úchyly. [10]

Podstatné je, že toto tření závisí především na hmotnosti vozidla a povrchu vozovky. Například Fiat Panda má zhruba o 55 % menší odpor než Audi Q7. Protože výkon k překonání odporů závisí na rychlosti jízdy, bude automobil Panda při 130 km/h potřebovat o 4,5 kW méně, než velké a hmotné SUV (Fiat Panda – 3,71kW, Audi Q7 – 8,23kW). [2]



Obr. 7 – Graf odporu tření, zdroj: www.zavolantem.cz
(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.5.2 Setrvačnost (odpor zrychlení)

Jakákoli změna rychlosti vyvolá sílu působící proti této změně. Na překonání odporové síly je potřeba více energie a to se projeví na spotřebě paliva. Z toho plynoucí zásadou hospodárné jízdy je rovnoměrná rychlost.

Odpor ze zrychlení působí i při brždění, jde o tzv. setrvačnost. Setrvačnosti lze využít při dojezdech do křižovatek, k překážkám apod. Pokud řidič sundá nohu z plynového pedálu, řídicí jednotka přestane dodávat palivo do motoru a ten je hnán setrvačností automobilu. V tento čas je aktuální spotřeba vozidla nulová, proto by se měl řidič snažit, aby setrvačnost využíval co nejvíce. Naopak zpomalování vozidla provozní brzdou by měl využívat co nejméně. Při užití provozní brzdy se bez užitku energie spáleného paliva mění třením na teplo. [10]

Odpor zrychlení se vypočítá následujícím vztahem:

$$O_{zr} = O_{poz} \cdot O_{rot} \quad [N] \quad (2)$$

kde: O_{poz} je dán vztahem: $O_{poz} = m_v \cdot a \quad [N]$

m_v – hmotnost vozidla

a – zrychlení

$$O_{rot} \text{ je dán vztahem: } O_{rot} = \frac{M_{zk}}{r_d} \quad [N] \quad (3)$$

M_{zk} – krouticí moment na kole

r_d – poloměr kola

2.5.3 Aerodynamický odpor

Aerodynamický odpor je způsoben obtékáním a vířením vzduchu kolem vozidla. Aerodynamický odpor je vyjádřen vztahem:

$$O_a = 1/2 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_x \cdot v_r^2 \quad (4)$$

Kde:

O_a aerodynamický odpor [N]

c_x součinitel aerodynamického odporu [-]

ρ hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

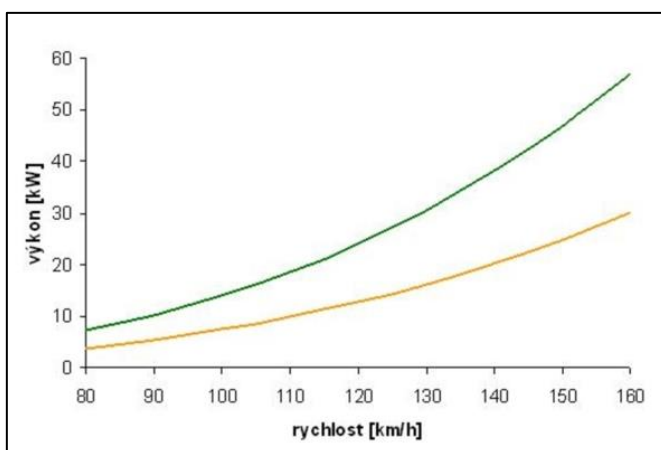
S_x čelní plocha vozidla [m^2]

v_r výsledná náporová rychlost proudění vzduchu kolem vozidla [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
[8]

Tento odpor má velký význam na konečnou spotřebu automobilu a hlavní důvod proč je reálná spotřeba větší než ta tabulková od výrobce.

Hodnoty spotřeby, uváděné výrobcem, jsou sice pravdivé, ale celé je to trochu jinak. Spotřeba uvedená v technickém průkazu byla zjištěna ve zkušebně, mimo běžný provoz. Jednotlivé cykly se simulují podle přesně daných podmínek. Při simulaci mimoměstského cyklu se rychlost pohybuje okolo 100 km/h. Vše se provádí v uzavřeném prostoru, tedy bez působení odporu vzduchu. Rychlá jízda po dálnici proto přináší trochu jiné hodnoty spotřeby paliva. Při dodržování pravidel silničního provozu nebude rozdíl příliš velký, ale pokud pojedete například 160 km/h, spotřeba znatelně stoupne. Z toho vyplývá, že nenápadný údaj součinitele odporu vzduchu (c_x) je docela důležitý. Rozhoduje

totiž o úspoře paliva. Bez ohledu na to, zda řidič chce nebo ne. Rozdíl součinitele odporu vzduchu (viz. obr. 7) u našich konkrétních vozidel není příliš výrazný. (Audi 0,37, Fiat 0,33). V tomto případě hraje důležitější roli čelní plocha. Při rychlosti 130 km/h nám odpor vzduchu ubere u Audi 30,5 kW. V případě malého Fiatu to bude 16 kW. Na 160 km/h bude potřeba už 57, respektive 30 kilowattů. [2]



Obr. 8 – Graf odporu tření, zdroj: www.zavolantem.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.5.4 Odpor ze stoupání (sklonu)

Odpor ze stoupání (sklonu) je složkou tíhové síly vozidla. Tato složka tíhové síly působí ve stoupání proti pohybu vozidla a ze svahů působí ve směru pohybu vozidla. Jako jediný z odporů může v konkrétním případě vozidlo urychlovat. Stoupání by se měl řidič snažit překonat s rozjezdem na vyšší rychlost, pokud to podmínky dovolují. Řidič by měl umět zvolit správný rychlostní stupeň, s kterým projede celé stoupání tak, aby v něm nemusel přeřazovat. Řazení v kopci znamená razantnější snížení rychlosti při přeřazování a z toho plynoucí potřebu spálit více paliva na opětovné rozjetí. Pokud za vrcholem stoupání následuje opět klesání, měl by řidič přejet přes vrchol rolováním (viz obr. 8). Právě při rolování přes vrchol stoupání dochází ke značné úspoře paliva. [10]

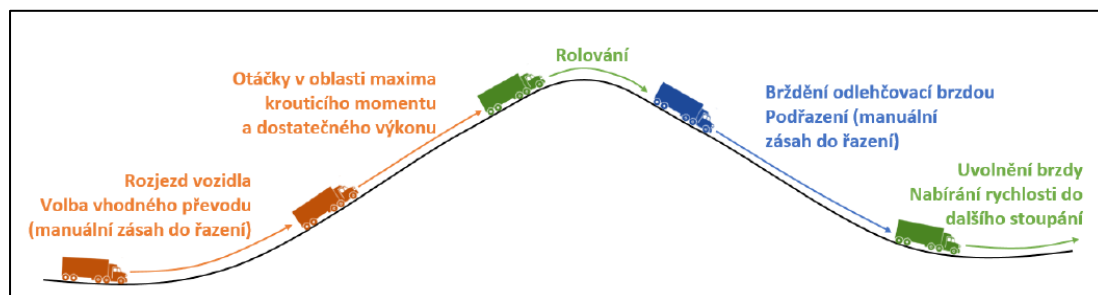
Odpor stoupání (sklonu) je dán vztahem:

$$F_x = G_V \cdot \sin \alpha = m_V \cdot g \cdot \sin \alpha \text{ [N]} \quad (5)$$

G_V – tíha vozidla

m_V – hmotnosť vozidla

g – tíhové zrýchlenie



Obr. 9 – Odpor ze stoupání, zdroj: autor

2.5.5 Odpor přívěsu

Odpor přívěsu je kombinací výše popsaných odporů (valivý, aerodynamický a odpor ze stoupání či zrýchlení.)

2.5.6 Odpor převodového mechanismu a odpor skazu hnacích kol

Odpor tření má na výkon vliv vyšší. Jak bylo řečeno, celé ústrojí přenášející točivý moment z motoru na kola obsahuje mnoho rotačních součástí.

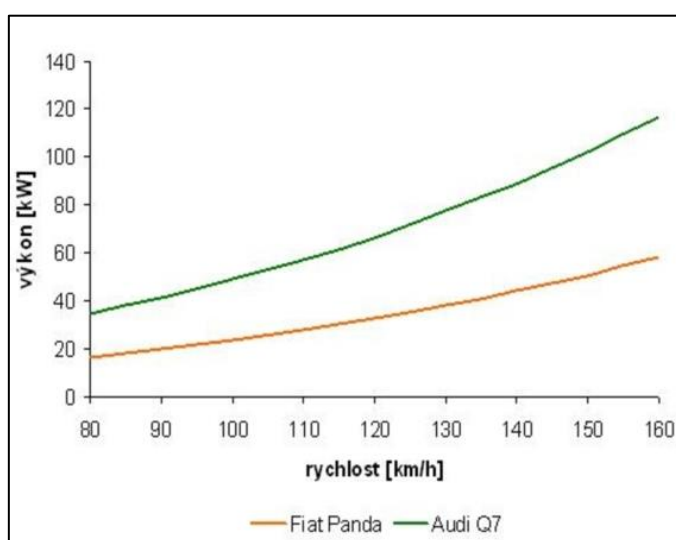
U všech ložisek, nejrůznějších uložení a samozřejmě vzájemně se dotýkajících částí vzniká teplo, a to v důsledku přeměny energie. Tato energie pochází právě z motoru. Je to další faktor, který oslabuje pohonnou jednotku. Proto se výkon jednotky a výkon na kolech vzájemně liší. Odpor skazu hnacích kol není významný. Vzniklé ztráty nejsou tak velké. Jedná se o deformační skluz. Toho se zúčastňuje především dezén pneumatiky. Při působení hnací síly se jednotlivé dílky dezénu ohýbají. Jedná se ale o takřka nezatelné pohyby. Vlastní skluz (protočení) kola je mnohem závažnější. [2]

2.5.7 Shrnutí odporů

Je vhodné použít následující příklad. Automobil jede po dálnici konstantní rychlostí 130 km/h do mírného kopce, který má sklon 2° (3,5%). Protože

nezrychluje, odpadá odpor setrvačnosti a v podstatě i odpor skluzu hnacích kol. Zůstaly 4 faktory. Kolik si v takovéto situaci nakonec vezmou z výkonu vozidla? U malého Fiatu to je přibližně 38 kW. V případě Audi je to více než dvojnásobné – 77 kW. Při 160 km/h hodnoty vzrostou o dalších 50% (58 kW, 116 kW). (viz obr. 9)

Všechny uvedené faktory působí na automobil v každodenním provozu. Jejich velikost v porovnání se výkonem motoru nebývá příliš velká. Ale s každým kilogramem navíc roste. Velikost jízdních odporů má vliv především na spotřebu paliva. [2]



Obr. 10 – Celkový odpor vybraných vozidel, zdroj: www.zavolantem.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.6 Vliv prostředí a jiných aspektů na hospodárnost

Mezi vnější podmínky ovlivňující hospodárnost provozu automobilu patří povětrnostní, silniční a dopravní podmínky. Žádnému z těchto vnějších vlivů nelze zamezit úplně, lze je však alespoň částečně eliminovat. Povětrnostními podmínkami se rozumí vliv počasí, především teplotu vzduchu, vítr, déšť či sníh. Tyto vlivy, s výjimkou případné volby trasy přes méně větrné okolí, nelze ovlivnit. V zimním období je teplota vzduchu podstatně nižší než v letních měsících. Chladné počasí způsobuje zvýšené tření motoru ihned po nastartování. Celému

pohonnému ústrojí trvá déle, než dosáhne své provozní teploty a dochází tak ke zvýšenému namáhání, stejně jako k růstu spotřeby paliva. Při větrném počasí je vliv na spotřebu paliva závislý na směru větru. Pokud jede automobil po směru větru, dochází k mírnému snížení spotřeby paliva. Pokud se však vozidlo pohybuje kolmo na směr větru nebo proti směru větru, způsobují poryvy větru nestabilitu vozidla a vyšší aerodynamický odpor. Tento vliv se dá částečně eliminovat snížením rychlosti vozidla, nicméně i v tomto případě bude nárůst spotřeby paliva zaznamenán.

Za deště nebo sněžení je prvotním úkolem řidiče zajistit bezpečnost automobilu i nákladu, proto je velice složité soustředit se na zásady úsporné jízdy. Přesto především při jízdě na dálnicích je nutné vyhýbat se jízdě ve stopách v jízdním pruhu zaplněných vodou. Výzkumy v severských zemích ukazují, že v průměru se spotřeba paliva zvyšuje asi o 15 % při srovnání zimních měsíců s letními. Důvodem jsou nejen horší povětrnostní podmínky, ale také spalování tzv. zimní nafty, do které jsou přidávány aditiva a dochází ke snížení využitelné energie obsažené v palivu. [11]

Silniční podmínky jsou odvislé od zaměření na určitý druh přeprav. Vozidla dálkové dopravy jezdí obecně po kvalitnějších silnicích, než je tomu například u rozvázkové či stavební dopravy. Infrastruktura silnic je také v jednotlivých státech odlišná, stejně jako kvalita povrchů silničních sítí. Silnice ovlivňuje spotřebu paliva svým povrchem, členitostí, maximální povolenou rychlostí a topografií. Řidič nákladního automobilu může omezit vliv nežádoucích vlastností silnice volbou jiné vhodnější trasy, pokud je to možné s ohledem na vzdálenost a ostatní činitele. Povrch vozovky ve většině případů nemá významný vliv na spotřebu paliva. Každé přibrzdění, přeřazení a opětovné zrychlení vozidla znatelně ovlivňuje spotřebu paliva, proto členitost a topografie naplánované cesty je základním atributem pro výběr vhodné trasy. S členitostí a topografií zároveň souvisí i průměrná cestovní rychlost dosahovaná na dané trase. Při porovnání dálničního kopcovitého terénu se zvýší spotřeba paliva

i o více než 20 % oproti dálničnímu provozu po rovině a až o 50% v případě jízdy po silnici v horských oblastech. [4]

Poslední skupinou vnějších podmínek provozu jsou podmínky dopravní. Těmi se rozumí především hustota provozu, která je závislá nejen na čase průjezdu danou lokalitou, ale také dnem v týdnu, ve kterém je doprava příslušnou lokací provedena. Dopravní špičky jsou běžnou součástí dopravy ve větších městech. Zásadou hospodárného provozu je dopravním špičkám se vyhnout a vykonat průjezd danou oblastí v jiný čas. Pokud však nelze přepravu z časových důvodů naplánovat jinak, je potřebné počítat se zvýšením nákladů za palivo i v řádu desítek procent. Nejkritičtější dnem z pohledu spotřeby paliva je středa a pátek, naopak nejlepším sobota, kdy nákladní automobily dosahují vyšší průměrné rychlosti vlivem menšího provozu. S dopravními podmínkami souvisí také podmínky určené přepravní zakázkou. Zadavatel dopravy v podstatě nepřímo určuje výslednou spotřebu paliva samotnou trasou, počtem zastávek na trase, požadovaným časem doručení a hmotností zásilky. Dopravce může zvýšené náklady za palivo částečně eliminovat vhodnou konfigurací nákladního vozidla pro daný typ přepravy, vhodně zvolenou a naplánovanou trasou a kvalitním a vyškoleným řidičem.

2.6.1 Volba vhodného oleje

Čím kvalitnější olej, tím nižší spotřeba a zároveň i vyšší životnost motoru. Velký rozdíl mezi olejem například 15W/40 a 0W/40 se projeví hlavně v zimě nebo při častých studených startech. Zatímco u syntetiky 0W/40 se motor maže už po několika sekundách, u minerálního oleje na to potřebuje desítky sekund. Až třetina paliva se spotřebuje na překonávání třecích ztrát. Podle odborníků z finského technického výzkumného centra VTT je dnes na světě 612 milionů aut, každé průměrně najede 13 tisíc kilometrů ročně a při tom spálí 340 litrů paliva na překonání tření. Každého řidiče to pak stojí 510 eur ročně (tedy asi třináct tisíc korun). Spočítali také, že dnes jen 21,5 procenta energie ukryté v palivu je využito k pohybu vozu, zbytek se je nevyužit [3].

2.6.2 Pneumatiky a jejich vliv

Málo nahuštěné pneumatiky zvýší spotřebu až o půl litru na 100 kilometrů. Nesprávně nahuštěné pneumatiky navíc nejsou v provozu zárukou bezpečné jízdy. Vyplatí se proto pneumatiky kontrolovat jednou za měsíc a dofukovat je k horní hranici doporučené v technickém průkazu. Nahuštění se vždy kontroluje u studených pneumatik, tedy ne v horku nebo po dlouhé jízdě.

Výrobce pneumatik Bridgestone v roce 2011 zkontroloval v rámci speciální kampaně pneumatiky 46 000 vozů v 11 evropských zemích. Zjistil, že 63 % motoristů jezdí na podhuštěných pneumatikách. Z toho u poté dopočítali, že se ročně zbytečně spotřebuje 3,1 miliardy litrů paliva v hodnotě pět miliard eur.

Podhuštěné pneumatiky mají vyšší valivý odpor, to znamená, že vyžadují víc energie k odvalování, což se projeví vyšší spotřebou paliva. V závislosti na typu silnice a jízdním stylu připadá na valivý odpor 18 až 26 % celkové síly, kterou musí vozidlo vynaložit na překonání všech jízdních odporů. Vyšším nahuštěním se sníží tření mezi pneumatikou a vozovkou silnice (valivý odpor) a spotřeba tím klesne. Na druhou stranu se mírně sníží komfort jízdy. O pneumatikách také platí to, že čím jsou širší, tím větší valivý odpor mají, a tedy i větší spotřebu paliva i jejich vyšší opotřebení.

Vývojáři předních světových značek pneumatik se u moderních pneumatik zaměřují právě na snižování valivého odporu. Výrobci prezentují pokles této hodnoty mezi 4 až 10 %. Zároveň dochází ke snižování hmotnosti pneumatik a omezení tvorby tepla. Tyto vlastnosti mají přímý vliv na pokles spotřeby. Trend ekologických pneumatik už je zde delší dobu. [3]

2.6.3 Barva a její vliv na spotřebu

Myslet na snížení spotřeby lze i při výběru barvy pro nové auto. Největší spotřebu mají auta černá, naopak nejmenší stříbrná a nečekaně nezanedbatelnou mají i červená.

Laboratoř v americkém Berkeley udělala pokus se dvěma stejnými auty. Pod ostré kalifornské slunce postavili stříbrnou a černou Hondu Civic.

Naměřili, že rozdíl teplot na rozpálené střeše stříbrného a černého auta dělá až pětáctyřicet stupňů. V kabině černého auta bylo o 12 stupňů víc. Což pro klimatizaci černé Hondy znamenalo, že na následné vychlazení kabiny na 25 stupňů za půl hodiny potřebovala o 13 procent energie víc.

Černé auto se tedy víc zahřívá, a proto je třeba uvnitř více klimatizovat. Klimatizace je velkým žroutem energie, a tedy i benzínu. Podle německého autoklubu ADAC zvýší spotřebu paliva hlavně první minuty po zapnutí klimatizace ve vyhřátém, na slunci zaparkovaném autě až o čtyři litry.

A proč mají větší spotřebu červená auta? Pro to zase mají vysvětlení psychologové. Červená zvyšuje agresivitu řidiče, který pak víc šlape na plyn. "Neustálý pohled na červenou kapotu řidiče irituje a řada pojišťoven už dohledala ve statistikách, že je to nejvíce nehodová barva. V USA má lak vozu dokonce vliv na pojistku. Červená barva dělá pojistku dražší.

2.7 Měření spotřeby pomocí normy NEDC

Výrobci nemohou udávat spotřebu každý podle vlastních kritérií, ale musí se řídit podle jednotné metodiky. Ta současná nese název Nový Evropský Jízdní Cyklus, zkráceně NEDC (podle anglického New European Driving Cycle) nebo též NEFZ (pro změnu z německého Neuer Europäischer Fahrzyklus) a je závazná pro všechny výrobce, kteří chtějí prodávat automobily na evropském trhu. Tato metodika je platná od roku 1996 a motivací k jejímu zavedení bylo zpřesnění udávaných spotřeb a jejich přiblížení reálné jízdě.

Před tímto datem platil režim 50/90/120, popisující spotřebu při jízdě těmito třemi rychlostmi. Ačkoli nešlo o pouhé aktuální spotřeby ve třech zmíněných rychlostech a počítal s různými režimy jízdy a odlišnými povrchy, nebyl s to vykazovat spotřeby blížící se reálně dosahovaným hodnotám, výsledná čísla byla příliš nízká.

NEDC tento nedostatek odstranil a do metodiky vnesl několik nových prvků. Předně zahrnuje studený start motoru a určuje minimální a maximální opotřebení agregátu. Teplota motoru při startu musí být v rozmezí 20 a 30 stupňů Celsia a motor musí mít najeto více než 3 000 a méně než 15 000 km.

V automobilu je řidič o hmotnosti 75 kg řidič a je v něm naloženo 100 kg hmotnosti nákladu.

Městský cyklus NEDC simuluje jízdu ve městě pomocí čtyř jízd dlouhých 195 sekund. Automobil během nich musí třikrát zrychlit z klidu na 15, 32 a 50 km/h a být v chodu 60 sekund na volnoběh. Po dobu všech čtyřech cyklů automobil najede 4 km a nesmí překročit rychlost 50 km/h. Doba akcelerace je přesně definována, na 50 km/h musí zrychlit během 26 sekund, což je, hodně dlouhá doba, která se příliš neblíží reálnému provozu.

V mimoměstském cyklu automobil během 400 sekund postupně mění rychlosti v rozmezí 0-120 km/h, přičemž běžnou devadesátku překračuje cca pětinu doby, tedy 80 sekund. Mimoměstský cyklus nepředstavuje rovnoměrné zrychlení z nuly na 120 km/h, ale rychlou akceleraci na 80 km/h, následné snížení rychlosti na 50 km/h a opětovnou akceleraci na 120 km/h, která trvá 96 sekund.

Kombinovaný cyklus představuje spojení výše zmíněných měření, trvá tedy necelých 20 minut a automobil během něj najede 11 kilometrů průměrnou rychlostí 34 km/h. Výsledné hodnoty spotřeby jsou váženým průměrem obou měření beroucí v potaz ujeté kilometry v každé z částí testu.

Přehled podmínek jízdního cyklu NEDC:

Teplota v testovací místnosti je v intervalu 20-30 °C.

Ujetá vzdálenost je 11 km.

Cyklus trvá 20 minut.

Cyklus se skládá ze dvou částí:

13 minut je simulována jízda v městském provozu a 7 minut je simulována jízda mimo město.

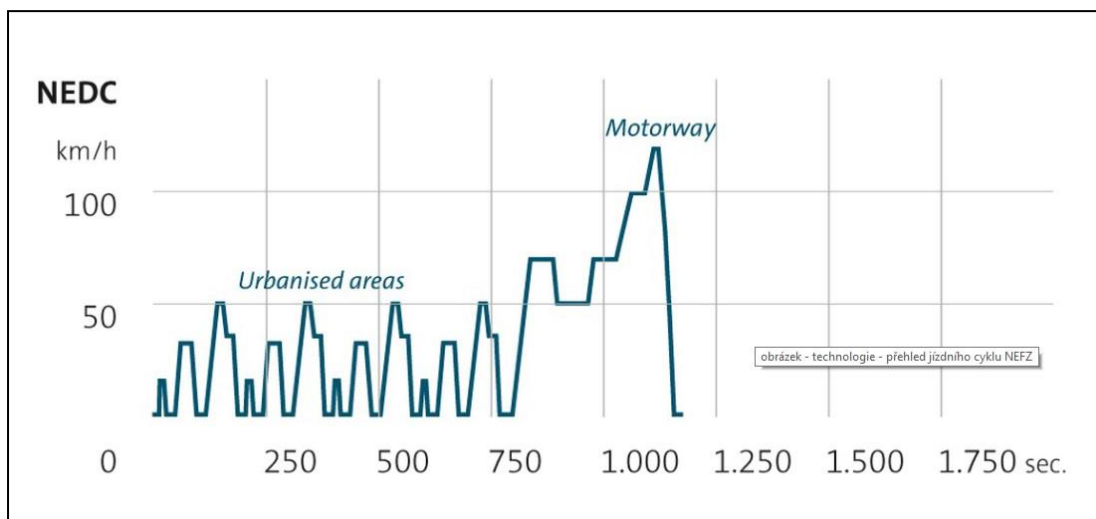
Průměrná rychlost je přibližně 33 km/h.

Doba, po kterou je vozidlo v klidu činí 25 %.

Maximální rychlost je 120 km/h.

Okamžiky řazení pro modely s manuální převodovkou jsou přesně definovány.

Výbava na přání ani klimatizace nejsou zohledněny. [6]



Obr. 11 – Měření spotřeby NEDC, zdroj: www.volkswagen.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.8 Měření spotřeby pomocí normy WLTP

Cyklus WLTP bere v úvahu jízdní profil, jenž lépe simuluje využití automobilu v každodenním provozu, než tomu bylo u dříve používaného standardu NEFZ. Ten je podobný syntetickému laboratornímu testu a jeho prvořadým cílem je porovnání různých automobilů, aniž by realisticky odrážel skutečnou spotřebu. Zatímco dříve byly hodnoty spotřeby měřeny v abstraktních laboratorních podmínkách, nový postup díky vylepšeným testovacím parametrům umožňuje přesnější odhad skutečné spotřeby automobilu. Cílem WLTP je simulovat jízdní chování, které se co nejvíce blíží skutečným podmínkám využívání automobilu a dosáhnout tak podstatně realističtějších výsledků.

Přehled podmínek jízdního cyklu WLTP:

Teplota v testovací místnosti je 23 °C.

Ujetá vzdálenost je 23 km.

Cyklus trvá 30 minut.

Cyklus má čtyři části: (low, medium, high, extra-high).

Průměrná rychlost je přibližně 47 km/h.

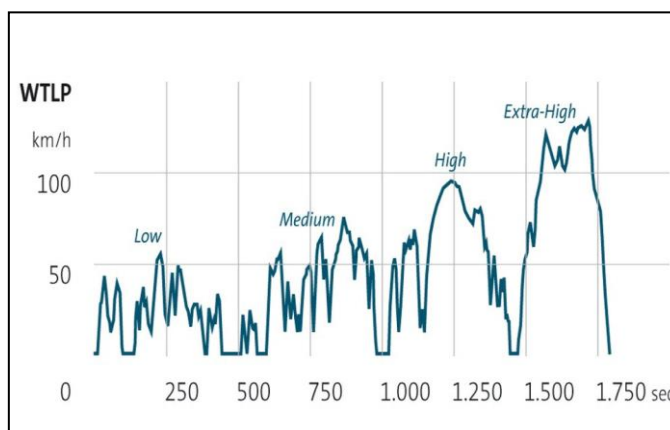
Doba, po kterou je vozidlo v klidu činí 13 %.

Maximální rychlost je více než 130 km/h.

Okamžiky řazení jsou dopředu individuálně určeny pro každé vozidlo.

Hmotnost vozidla a výbava na přání jsou zahrnuty do analýzy.

Jsou měřeny všechny možné kombinace motorů a převodovek. [5]



Obr. 12 – Měření spotřeby WLTP, zdroj: www.volkswagen.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.9 Test organizace německých motoristů (ADAC)

Sdružení německých motoristů (ADAC) provedlo v období od dubna 2012 do května 2014 sérii testů ke zjištění skutečné spotřeby automobilů a to za pomoci lehce upravené normy WLTP. Bylo otestováno celkem 137 benzinových modelů, 156 dieselových, 24 hybridů, 12 elektromobilů, 11 aut na CNG a 5 aut na LPG.

ADAC použil nový měřicí cyklus WLTP (Worldwide Light vehicles Test Procedure), kterým se má v budoucnu udávat spotřeba po celém světě. Ten prý více odpovídá realitě, neboť se v něm více akceleruje, jede se rychleji a delší dobu. K tomu ADAC přidal ještě svůj vlastní cyklus měřící spotřebu na dálnici, který zároveň počítá i s akcelerací na plný plyn. ADAC zároveň nechal vozidla na měřicí brzdě jet s rozsvícenými světly a se zapnutou klimatizací. Němci také použili přesnější model pro započítání skutečné hmotnosti auta a odporu vzduchu. Výsledky mohou být pro někoho překvapivé. Například hybridní pohony měly v průměru o čtvrtinu horší spotřebu. Diesely mají spotřebu o 14 % horší a zážehové motory jen o asi 10 %. Ukazuje se také, že malé přeplňované downsizované motory „lžou“ mnohem více než velkoobjemové atmosférické motory. Některá velká auta jsou podle testu ADAC ve skutečnosti dokonce úspornější, než vyplývá z tabulkových hodnot. [13]

model	udávaná spotřeba	skutečná spotřeba	rozdíl
Citigo 1.0 MPI 55 kW	4,7 l/100 km	5,35 l/100 km	13,8 %
Citigo 1.0 MPI CNG	2,9 kg/100 km	3,15 kg/100 km	8,6 %
Fabia Combi 1.2 TSI 63 kW	5,2 l/100 km	6,02 l/100 km	15,8 %
Octavia 1.2 TSI 77 kW	4,9 l/100 km	5,37 l/100 km	9,6 %
Octavia 1.6 TDI 77 kW	3,8 l/100 km	4,42 l/100 km	16,3 %
Octavia 1.8 TSI DSG	5,7 l/100 km	6,65 l/100 km	16,7 %
Octavia Combi 1.4 TSI	5,3 l/100 km	5,74 l/100 km	8,3 %
Octavia Combi RS TDI	4,6 l/100 km	5,24 l/100 km	13,9 %
Rapid 1.2 TSI 77 kW	5,4 l/100 km	5,74 l/100 km	6,3 %
Yeti 1.4 TSI	6,4 l/100 km	7,18 l/100 km	12,2 %
Yeti 2.0 TDI 4x4 DSG	6,3 l/100 km	6,22 l/100 km	-1,3 %

Obr. 13 – ADAC spotřeba vozidel Škoda, zdroj: www.autorevue.cz

(„staženo dne: 25. 2. 2018“)

2.10 Výpočty spotřeby paliva u ICE

1) Hmotnostní časová spotřeba

$$M_{\text{hod}} = m_{\text{pe}} \cdot P_e \cdot 10^{-3} \text{ (kg} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

kde:

m_{pe} – měrná spotřeba paliva ($\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

P_e – známá hodnota výkonu při určitých otáčkách (kW)

Výpočet měrné spotřeby paliva m_{pe} :

$$m_{\text{pe}} = \frac{3600}{H_u \cdot \eta} \text{ (g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

kde:

H_u – dolní výhřevnost paliva ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)

η – efektivní účinnost spalování motoru (35 %), skutečná účinnost je při běžném provozním režimu mnohem nižší (12 až 22 %)

2) Hmotnostní dráhová spotřeba paliva

$$M_{\text{km}} = \frac{m_{\text{pe}} \cdot P_e}{v} \text{ (kg} \cdot \text{km}^{-1}\text{)} \quad (7)$$

kde:

v – rychlost jízdy vozidla ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)

3) Objemová dráhová spotřeba paliva

$$M_{\text{km}} = \frac{m_{\text{pe}} \cdot P_e}{\rho \cdot v} \text{ (l} \cdot \text{km}^{-1}\text{)} \quad (8)$$

kde:

v – rychlost jízdy vozidla (km.h⁻¹)

ρ - objemová hmotnost paliva (g.m⁻³) – nutno převést na g.m⁻³, tj. x 1000

Tabulka 1 - Obvyklé měrné spotřeby u spalovacích motorů

Druh motoru	Měrná spotřeba m_{pe} (g.kW ⁻¹ .h ⁻¹)
Zážehový 4 dobý bez přeplňování	245 - 350
Zážehový 4 dobý s přeplňováním	235 - 360
Vznětový 4 dobý bez přeplňování	220 – 250
Vznětový 4 dobý s přeplňováním	195 - 240

3. Cíl práce

Cílem práce je popis vlivů, které působí na jedoucí vozidlo a změření skutečné spotřeby reálných vozidel v rozdílných jízdních režimech na vybraných dopravních trasách a jejich následné vyhodnocení. Výstupem práce je přehled faktorů ovlivňujících spotřebu energie jedoucích dopravních zařízení.

4. Metodika

Podstatou mé práce bylo stanovení základních jízdních odporů a reálné spotřeby paliva u dvou vybraných vozidel, které mají odlišné konstrukční, rozměrové a technické vlastnosti a každé z těchto vozidel je primárně určené pro odlišný druh provozu. Za vybraná dopravní zařízení byly zvoleny automobily české výroby Škoda rozdílných kategorií. Pro výzkum byly zvoleny modely z aktuální nabídky automobilky a to jeden malý městský automobil, následovaný automobilem zcela jiného zaměření a účelu.

Samotné měření spotřeby paliva bylo zahájeno doplněním nádrže na plný stav u čerpací stanice, kde byl upraven tlak v pneumatikách na stanovenou hodnotu danou výrobcem. Byl vypočítán korekční součinitel pro stanovení skutečné rychlosti jízdy, jelikož tachometr v automobilu může být ovlivněn rozměrem pneumatik. Před měření byla instalována palubní kamera pro záznam hodnot otáček a rychlosti jízdy automobilu a současně dopravní trasy. Byl zvážen automobil společně s řidičem a druhou pomocnou osobou na nájezdových vahách. Druhá osoba v automobilu představovala zátěž a také byla využita pro sběr dat a měření. Poté jsme se přesunuli na začátek dopravní trasy, kde bylo pomocí odměrného válce doplněno palivo po hranu vnitřního hrdla nádrže. Pomocí anemometru s ukazatelem směru větru byla zaznamenána rychlost proudění větru a jeho převažující směr. Vrtulkovým anemometrem se záznamem dat byla měřena náporová rychlost při jízdě. Záznam byl prováděn po celou dobu jízdy, což bylo 12 minut. Motor byl zahřátý na provozní teplotu a poté spuštěny videokamery, měřiče času a samotná jízda byla zahájena. Byly vypnuty všechny vnitřní spotřebiče v interiéru vozidla. Během jízdy byly slovním komentářem zaznamenávány potřebné údaje. Po ukončení jízdy bylo doplněno palivo stejným způsobem jako před jízdou a zaznamenán jeho objem.

4.1 Vozidlo kategorie mini

První vybraný vůz byl Škoda Citigo (Obr.14) v základní specifikaci, který je primárně určený pro městský provoz a spadá do kategorie miniautomobilů. Je

vyráběný českou automobilkou Škoda Auto od roku 2011. Karosářsky se vyrábí jako malý třídveřový nebo pětidveřový hatchback. Vyrábí se v závodu v Bratislavě spolu se sesterskými modely od VW a Seatu. Na rok 2019 je plánované představení elektrické verze s dojezdem až 300km.



Obr. 14 – Škoda Citigo, zdroj: www.skoda-auto.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)

Tento miniautomobil se základním pohonnou jednotkou má 3 válcový atmosférický motor o objemu 999 cm³ a maximální výkon 44 kW při pohotovostní hmotnosti 926 kg. Automobil plní aktuální emisní normu Euro 6. Palivo dopravního zařízení je benzín. Spotřeba paliva pro oblast města udávaná výrobcem je 5,5 l na 100 km. Pro výzkumnou část, tj. výpočet odporů byly zapotřebí především rozměry automobilu pro stanovení čelní plochy vozidla, součinitel odporu vzduchu udávaný výrobcem a jeho pohotovostní hmotnost s řidičem. Hodnota zrychlení vozidla, která byla použita pro výpočet odporu zrychlení, byla v průměrné hodnotě 0,74 m.s⁻² a byla předem nacvičená na známém úseku trasy.

Vnější rozměry	
Délka	3.597 mm
Šířka	1.641 mm
Výška	1.478 mm
Rozvor	2.420 mm
Rozchod vpředu / vzadu	1.428 / 1.424 mm
Vnější průměr zatáčení obrysový	9,8 m
Objem zavazadlového prostoru min. / max.	251 l
Motor, převodovka, elektrika	
Palivo	Benzín
Počet válců	3 in Reihe
Objem motoru	999 cm ³
Vrtání	74,5 mm
Zdvih	76,4 mm
Max. výkon	44,00 kW
Max. točivý moment	95 Nm / 3000 - 4300 1/min Nm / 1/min
Kompresní poměr	10,5 +/- 0,5
Exhalační norma	Euro 6
Energetická třída	C
CO2 emise - kombinované	101 g/km
CO2 emise - kombinované (plyn)	
Hmotnosti	
Celková hmotnost	1.320 kg
Užitečná hmotnost s řidičem	436 kg
Brzděný přívěs při stoupání 12%	- kg
Zatížení střechy	50 kg
Pohotovostní hmotnost s řidičem min.	926 kg
Pohotovostní hmotnost s řidičem max.	1.045 kg
Provozní vlastnosti	
Maximální rychlost	162 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	14,4 s
Objem palivové nádrže	35 l
Spotřeba - město	5,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	3,8 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	4,4 l/100km

Obr. 15 – Technické údaje Škoda Citigo, zdroj: www.skoda-auto.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)

4.2 Vozidlo kategorie SUV

Druhý vybraný vůz byl Škoda Kodiaq (Obr.17) v základní specifikaci, který kombinuje výhody terénních vozidel a větších osobních vozidel a spadá do kategorie SUV, což je zkratka pro sportovně užitkové vozidlo. Je vyráběný českou automobilkou Škoda Auto od roku 2016 (první dodávky zákazníkům v roce 2017). Vyrábí se v závodu v Kvasinách spolu se sesterským modelem Seat Ateca. Veřejností byl tento model přijat velice kladně a v mnoha odborných recenzích a testů obdržel výborné hodnocení. Top Gear ocenil Škodu Kodiaq titulem „Nejlepší automobil pro velké rodiny“ již na konci roku 2016. Kodiaq také získal

titul Auto roku 2017 v České republice, Polsku a Bulharsku, SUV roku v Číně a Francii a auto roku s pohonem všech kol v Německu. Je vítězem hodnocení německého časopisu Auto Test za rok 2017 a vítěz auto roku 2017 britských magazínů Auto Express a What Car? Získal rovněž cenu Red Dot Design Award za rok 2017.



Obr. 16 – Škoda Kodiaq, zdroj: www.skoda-auto.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)

Testovaný model se základním motorem má 4 válcový řadový přeplňovaný motor o objemu 1395 cm³ a maximální výkon 110 kW při pohotovostní hmotnosti 1561 kg. Automobil plní aktuální emisní normu Euro 6. Palivo dopravního zařízení je benzín. Spotřeba paliva pro oblast mimo město udávaná výrobcem je 5,6 l na 100 km. Pro výzkumnou část, tj. výpočet odporů byly zapotřebí obdobné veličiny, jako u automobilu Škoda Citigo. Hodnota zrychlení vozidla, která byla použita pro výpočet odporu zrychlení, byla v průměrné hodnotě 0,74 m.s⁻² a byla předem nacvičená na známém úseku trasy.

Vnější rozměry	
Délka	4.697 mm
Šířka	1.882 mm
Výška	1.655 mm
Rozvor	2.791 mm
Rozchod vpředu / vzadu	1.586 / 1.576 mm
Vnější průměr zatáčení obrysový	12,2 m
Objem zavazadlového prostoru min. / max.	650-835 / 2.065 l
Motor, převodovka, elektrika	
Palivo	petrol
Počet válců	4; in line
Objem motoru	1.395 cm ³
Vrtání	74,5 mm
Zdvih	80,0 mm
Max. výkon	110,00 kW
Max. točivý moment	250 Nm / 1500 - 3500 1/min Nm / 1/min
Kompresní poměr	10,0 +/- 0,5
Exhalační norma	Euro 6
Energetická třída	B
CO2 emise - kombinované	143 g/km
CO2 emise - kombinované (plyn)	
Hmotnosti	
Celková hmotnost	2.136 kg
Užitečná hmotnost s řidičem	650 kg
Brzděný přívěs při stoupání 12%	1.800 kg
Nebrzděný přívěs	750 kg
Jízdní souprava	3.936 kg
Zatížení střechy	75 kg
Pohotovostní hmotnost s řidičem min.	1.561 kg
Pohotovostní hmotnost s řidičem max.	1.761 kg
Provozní vlastnosti	
Maximální rychlost	198 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	9,6 s
Objem palivové nádrže	58 l
Spotřeba - město	7,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	5,6 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	6,3 l/100km

Obr. 17 – Technické údaje Škoda Kodiaq, zdroj: www.skoda-auto.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)

4.3 Vybraná trasa

Trasy byly vybrány dvě a to ve prospěch zjištění hodnot pro stanovení cíle DP. První trasa byla městská a vedla od čerpací stanice na sídlišti Máj do centrální části obce Srubec. Druhá měřená trasa vedla mimo město a to od obce Dasný do Netolic. Vozidla jsem řídil osobně, aby měřené údaje byly konstantní, vzhledem k případným rozdílným stylům jízdy řidiče. Vybrané trasy byly zvoleny na základě rozmanitosti jejich charakteru. U městské trasy i u té mimo město bylo na jejím

konci výrazné výškové převýšení a to jak kladné, tak i záporné. V rámci první trasy zde byly všechny aspekty typické pro město. Celkem 10 semaforů, které mají velký vliv na výslednou spotřebu automobilů, pokud se bude automobil rozjíždět a jejich vlivem může být ovlivněna výsledná spotřeba dvou porovnávaných automobilů. Po celou dobu jízdy ve městě byla dodržena nejvyšší povolená rychlost 50 km/h. Trasa mimo město se naopak vyznačuje konstantním provozem, narušeným pouze průjezdem dvěma vesnicemi a v případě té druhé i netypickým semaforem (obr. 18), který při vyšší povolené rychlosti přepne do červené barvy a po stanovené době nazpět na zelenou barvu. Po celou dobu byla dodržena nejvyšší povolená rychlost 90 km/h. Naměřená spotřeba automobilu a průměrná rychlost byla spočítána na základě výpočtů palubních počítačů obou dopravních zařízení. Obě vybrané trasy byly absolvovány celkem 4x, aby bylo dosaženo co nejpřesnějších hodnot měření spotřeby paliva. Jelikož je možné, že palubní počítače zkreslují spotřebu paliva (literatura uvádí průměrně o 0,2 až 0,3 litry), byla použita pro stanovení reálné spotřeby paliva metoda dolévání paliva do nádrže z odměrného válce o objemu 500 ml s milimetrovou stupnicí. Před měřenou jízdou se vždy opatrně nalilo palivo na hranu vnitřního hrdla nádrže, které stálo na vodorovné rovině měřené ve čtyřech osách. V cílové zóně se toto opakovalo z důvodu změření již zmíněné reálné spotřeby. Pro tento účel byla předem vybrána vhodná plocha. Měření se opakovalo na obou trasách celkem 4x.



Obr. 18 – Zpomalovací semafor v obci Němčice, zdroj: www.google.cz/maps

(„staženo dne: 16. 2. 2018“)

4.4 Použité pomůcky

Vybranou meteorologickou stanicí pro přesné změření povětrnostních podmínek byl přístroj Vantage Vue, který obsahuje kompaktní venkovní integrovanou senzorovou stanicí a vnitřní konzoli s LCD displejem. Kompaktní a do jednoho bloku zcela integrované odolné senzory jsou vyrobeny tak, aby měřily meteorologické údaje na místě instalace — silné mrazy, jarní bouřky, vysoké letní teploty a silný podzimní vítr. Kompaktní venkovní část stanice minimalizuje vzhledový zásah do pozice umístění jednotky. Venkovní stanice vysílá data bezdrátově na frekvenci 868MHz do konzole. Dosah vysílače je až 300 metrů a datové pakety jsou vysílány v intervalu 2,5 vteřiny. Vysílač Vantage Vue je zpětně kompatibilní s přístrojem Vantage Pro 2. Druhou použitou pomůckou byl plastový odměrný válec o objemu 500ml s milimetrovou stupnicí, určený pro změření reálné spotřeby paliva.



Obr. 19 – Meteorologická stanice Vantage Vue, zdroj: www.davis.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)



Obr. 20 – Odměrný válec, zdroj: www.vmd-drogerie.cz

(„staženo dne: 15. 2. 2018“)

Odměrný válec s milimetrovou stupnicí byl použit pro měření reálné spotřeby paliva. Před jízdou bylo palivo dolito po hranu vnitřního hrdla nádrže. Po jízdě se aplikoval stejný postup a výsledné hodnoty bylo možné vypočítat spotřebu automobilu.



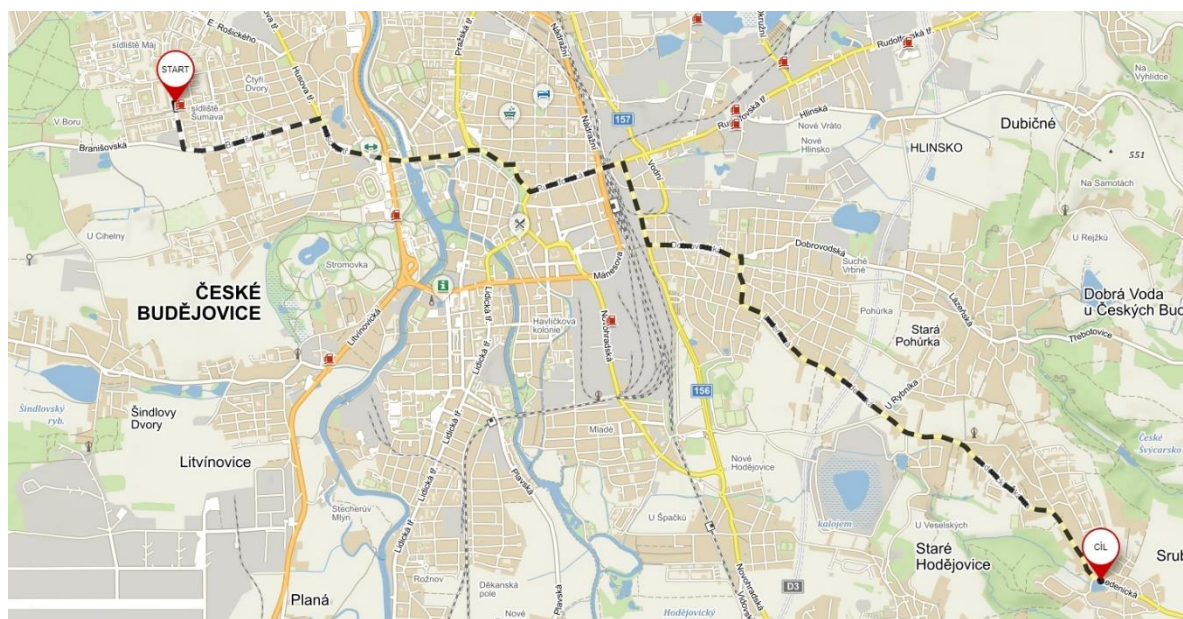
Obr. 21 – Nájezdové váhy, zdroj: vlastní

Nájezdové váhy pro zjištění skutečné hmotnosti obou dopravního zařízení, včetně dvou přepravovaných osob.

5. Vlastní práce

5.1 Městská trasa

Pro samotnou aplikační část práce bylo zvoleno krajské město České Budějovice, které se zejména v posledních několika letech potýká z velmi špatnou dopravní situací. Výzkum byl prováděn v pozdních odpoledních hodinách s ohledem na nižší dopravní intenzitu.



Obr. 22 – Mapa první trasy, zdroj: www.mapy.cz

(„staženo dne: 2. 4. 2018“)

- a) Datum výzkumu: 30. 3. 2018, městská trasa sídliště Máj – Srubec o celkové délce 9,7 km, v místě před cílem 12% stoupání
- b) Průměrná rychlost 48 km/h (max. povolená rychlost 50 km/h);
- c) Intenzita provozu: střední;
- d) Stav povrchu vozovky: dobrá;
- e) Roční období: jaro;
- f) Meteorologické podmínky: teplota: 13,5 °C vlhkost: 58 % tlak: 1 013,19 hPa srážky: 0 mm, rychlost větru: 3,1 m.s⁻¹
- g) Trasa i měření paliva absolvována celkem 4x
- h) Průměrný čas na projetí úseku byl 14 minut

5.1.1 Zjištěné hodnoty – městská trasa kategorie mini

V případě menšího vybraného modelu byl vypočítán odpor valení 1,92 kW, což byl třetí největší odpor z počítaných. Dále odpor zrychlení, který má hodnotu 1,03 kW, následovaný odporem vzduchu s hodnotou 1,07 kW. Odpor při přenosu momentu byl 2,64 kW. Jednoznačně nejvyšší hodnoty má odpor sklonu, který byl způsoben 12° výškovým převýšením před cílovou zónou. Hodnota odporu je 27,2 kW. V součtu byl stanoven celkový odpor na 33,86 kW při rychlosti 48 km/h. Jedná se o hodnotu v jednom místě trasy. Hodnota čelní plochy byla vypočítána 2,1 m², součinitel odporu vzduchu karoserie 0,3. Součinitel odporu valení 0,01. Hmotnost s jedním řidičem zjištěná na nájezdových váhách byla 1076 kg.

Tabulka 2 - Maximální jízdní odpory Škoda Citigo v úseku městské trasy

Škoda Citigo	
Odpor valení	1,92 kW
Odpor sklonu	27,2 kW
Odpor vzduchu	1,07 kW
Odpor zrychlení	1,03 kW
Odpor při přenosu momentu	2,64 kW
Celkový odpor	33,86 kW

Spotřeba energie v tomto dopravním zařízení je dle tabulkové hodnoty výrobce stanovena pro městský provoz na 5,5 l/100 km. Vypočítané hodnoty palubním počítačem byly vyšší o 0,8 l, což mohlo být způsobeno mnoha faktory, od zimních pneumatik (vyšší součinitel odporu valení) po enormní množství zpomalovacích prvků ve vybrané trase, po nichž následovalo zrychlování, což je rozdílné od jízdního cyklu, kterým byla měřena spotřeba výrobcem (NEDC). Reálné hodnoty měřené odměrným válcem byly vyšší o 0,21 l než hodnoty změřené palubním počítačem automobilu.

Tabulka 3: Naměřená spotřeba Škoda Citigo, městská trasa

Škoda Citigo	Spotřeba
Spotřeba - město	5,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	3,8 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	4,4 l/100km
Spotřeba vypočítaná PP	6,3 l/100km
Spotřeba reálná	6,51 l/100km

5.1.1 Zjištěné hodnoty – městská trasa kategorie SUV

V případě velkého SUV byl vypočítán odpor valení 3,07 kW, což byl třetí největší odpor z počítaných. Dále odpor zrychlení, který má hodnotu 2,33 kW, následovaný odporem vzduchu s hodnotou 1,79 kW. Odpor při přenosu momentu byl 6,6 kW. Jednoznačně nejvyšší hodnoty má odpor sklonu, který byl způsoben 12° výškovým převýšením před cílovou zónou. Hodnota odporu je 48,51 kW. V součtu se jedná o celkový odpor 57,30 kW při průměrné rychlosti 48 km/h. Hodnota čelní plochy byla vypočítána 3,1 m², součinitel odporu vzduchu karoserie 0,4. Součinitel odporu valení 0,02 (viz obrázek 6). Hmotnost s jedním řidičem 1711 kg.

Tabulka 4. Maximální jízdní odpory Škoda Kodiaq, městská trasa

Škoda Kodiaq	
Odpor valení	3,07 kW
Odpor sklonu	48,51 kW
Odpor vzduchu	1,79 kW
Odpor zrychlení	2,33 kW
Odpor při přenosu momentu	6,6 kW
Celkový odpor	57,30 kW

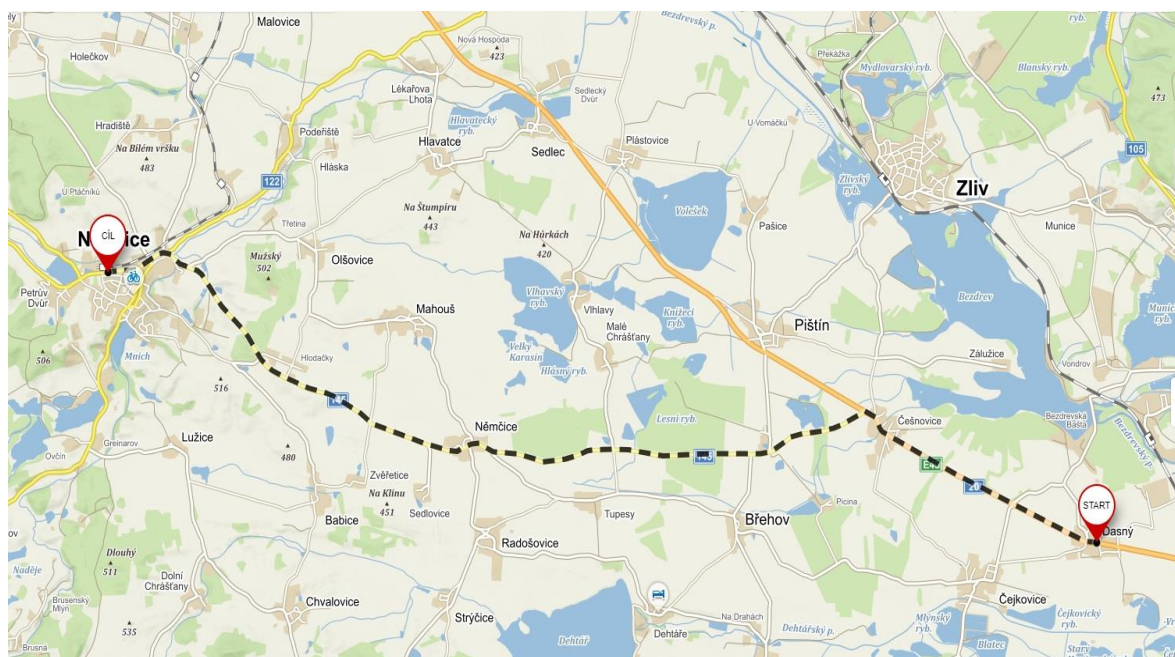
Spotřeba energie palivem ve Škodě Kodiaq je dle tabulkové hodnoty výrobce stanovena pro městský provoz na 7,4 l/100 km. Změřené hodnoty palubním počítačem byly vyšší o 0,9 l. Reálné hodnoty měřené odměrným válcem byly vyšší o 0,30 l než hodnoty změřené palubním počítačem automobilu.

Tabulka 5. Naměřená spotřeba Škoda Kodiaq, městská trasa

Škoda Kodiaq	Spotřeba
Spotřeba - město	7,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	5,6 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	6,3 l/100km
Spotřeba naměřená	8,4 l/100km
Spotřeba reálná	8,7 l/100km

5.2 Trasa mimo město

Trasu mimo město byla zvolena z důvodů velmi pravidelného cestování k nedaleké vlastněné rekreační usedlosti, což bylo důležité pro předvídání jízdních úkonů na trase, a také ze samotného charakteru trasy, který je ukončen velmi intenzivním klesáním k cílové destinaci. Výzkum byl prováděn v odpoledních hodinách s ohledem na nižší dopravní intenzitu, aby nebylo měření ovlivněno kongescí provozu.



Obr. 23 – Mapa druhé trasy, zdroj: www.mapy.cz

(„staženo dne: 2. 4. 2018“)

- Datum výzkumu: 30. 3. 2018, městská trasa sídliště Máj – Srubec o celkové délce 17,8 km, v místě před cílem 12% klesání
- Průměrná rychlost 86 km/h (max. povolená rychlost 50- 90 km/h);
- intenzita provozu: nízká;
- stav povrchu vozovky: dobrá;
- roční období: jaro;
- meteorologické podmínky: teplota: 13,5 °C vlhkost: 58 % tlak: 1 013,19 hPa srážky: 0 mm, rychlost větru: 3,1 m.s⁻¹
- Trasa i měření paliva absolvována celkem 4x

h) Průměrný čas na projetí úseku byl 16minut

5.2.1 Škoda Citigo

V případě malého vozidla byl vypočítán odpor valení 3,44 kW, což byl třetí největší odpor z počítaných. Další odpor zrychlení, který má hodnotu 1,04 kW, následovaný odporem vzduchu s hodnotou 5,18 kW. Odpor při přenosu momentu byl 2,64 kW. Jednoznačně nejvyšší hodnoty má odpor sklonu, který byl způsoben 12° výškovým klesáním před cílovou zónou. Hodnota odporu sklonu je 48,72 kW. V součtu dostáváme celkový odpor 61,02 kW při průměrné rychlosti 86 km/h. Při porovnání výkonu motoru 44 kW a výše vypočítaného nutného výkonu k překonání odporu z výsledku vyplývá, že automobil by neměl dostatečný výkon pro překonání svahu při uvedené rychlosti, pokud by nebylo možné se do svahu rozjet.

Tabulka 6. Maximální jízdní odpory Škoda Citigo, trasa mimo město

Škoda Citigo	
Odpor valení	3,44 kW
Odpor sklonu	48,72 kW
Odpor vzduchu	5,18 kW
Odpor zrychlení	1,04 kW
Odpor při přenosu momentu	2,64 kW
Celkový odpor	61,02 kW

Spotřeba energie v tomto dopravním zařízení je dle tabulkové hodnoty výrobce stanovena pro městský provoz na 3,8 l/100 km. Změřené hodnoty palubním počítačem byly vyšší o 1,3 l, což mohlo být způsobeno mnoha faktory, od zimních pneumatik po charakter trasy, který není přímo určený danému vozidlu. Nezanedbatelný vliv mohou mít špatné tabulkové hodnoty, které byly změřeny pomocí staré měřící techniky. Reálné hodnoty měřené odměrným válcem byly vyšší o 0,32 l, než hodnoty změřené palubním počítačem automobilu

Tabulka 7. Naměřená spotřeba Škoda Citigo, trasa mimo město

Škoda Citigo	Spotřeba
Spotřeba - město	5,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	3,8 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	4,4 l/100km
Spotřeba naměřená	5,1 l/100km
Spotřeba reálná	5,42 l/100km

5.2.1 Škoda Kodiaq

V případě velkého SUV byl vypočítán odpor valení 5,50 kW, což byl třetí největší odpor z počítaných. Následuje odpor zrychlení, který má hodnotu 2,33 kW, následovaný odporem vzduchu s hodnotou 8,63 kW. Odpor při přenosu momentu byl 6,6 kW. Jednoznačně nejvyšší hodnoty má odpor sklonu, který byl způsoben 12° výškovým klesáním před cílovou zónou. Hodnota odporu sklonu je 77,96 kW. V součtu je celkový odpor 101,02 kW při průměrné rychlosti 86 km/h.

Tabulka 8. Maximální jízdní odpory Škoda Kodiaq, trasa mimo město

Škoda Kodiaq	
Odpor valení	5,50 kW
Odpor sklonu	77,96 kW
Odpor vzduchu	8,63 kW
Odpor zrychlení	2,33 kW
Odpor při přenosu momentu	6,6 kW
Celkový odpor	101,02 kW

Spotřeba energie v tomto dopravním zařízení je dle tabulkové hodnoty výrobce stanovena pro městský provoz na 5,6 l/100 km. Změřené hodnoty palubním počítačem byly vyšší o 0,9 l. Nezanedbatelný vliv mohou mít špatné tabulkové hodnoty výrobce, které byly změřeny pomocí staré měřicí techniky. Reálné hodnoty měřené odměrným válcem byly vyšší o 0,10 l, než hodnoty změřené palubním počítačem automobilu

Tabulka 9. Naměřená spotřeba Škoda Kodiaq, trasa mimo město

Škoda Kodiaq	Spotřeba
Spotřeba - město	7,5 l/100km
Spotřeba - mimo město	5,6 l/100km
Spotřeba - kombinovaná	6,3 l/100km
Spotřeba naměřená	6,5 l/100km
Spotřeba reálná	6,6 l/100km

5.3 Sportovní styl řízení

V teoretické části diplomové práce je zmíněna důležitost vhodného stylu řízení automobilu a jeho významný vliv na konečnou spotřebu paliva. Sportovní či tzv. „agresivní“ styl řízení automobilu má velký význam na značné zvýšení spotřeby a vede k větší pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody. Pro srovnání ekonomického a sportovního stylu musela být pro druhý jmenovaný styl, vytvořena data relevantní k porovnání již zmíněné ekonomiky jízdy. Podmínky pro výpočet spotřeby paliva byly stejné jako pro jízdu ekonomickou. Každá trasa zde byla absolvována celkem 2x a následně byla data zprůměrována. Výpočet je založen na základě hodnot palubních počítačů obou automobilů. V tomto případě znamená sportovní jízda především prudké a neplynulé zrychlení jak při stavu z nulové rychlosti, tak při jízdě v koloně a časté prudké brždění. V neposlední řadě také udržování motoru v jeho vyšších otáčkách.

Tabulka 10. Porovnání sportovní a ekonomické jízdy

Vozidlo	Trasa	Spotřeba PP- ekonomická (běžná) jízda	Spotřeba PP- sportovní jízda
Citigo	město	6,3 l/100km	8,2 l/100km
	mimo m.	5,1 l/100km	6,6 l/100km
Kodiaq	město	8,4 l/100km	12,2 l/100km
	mimo m.	6,5 l/100km	9,6 l/100km

Z výše napsaných výsledků lze sledovat, že při sportovní jízdě byla spotřeba paliva u obou dopravních zařízení v průměru o 37,5% vyšší, než při normální jízdě. V mnohých případech bývá pro rychlou jízdu motivací ušetření času, což dle výzkumu je především v městské části velice irelevantní vzhledem k značnému množství zpomalovacích prvků.

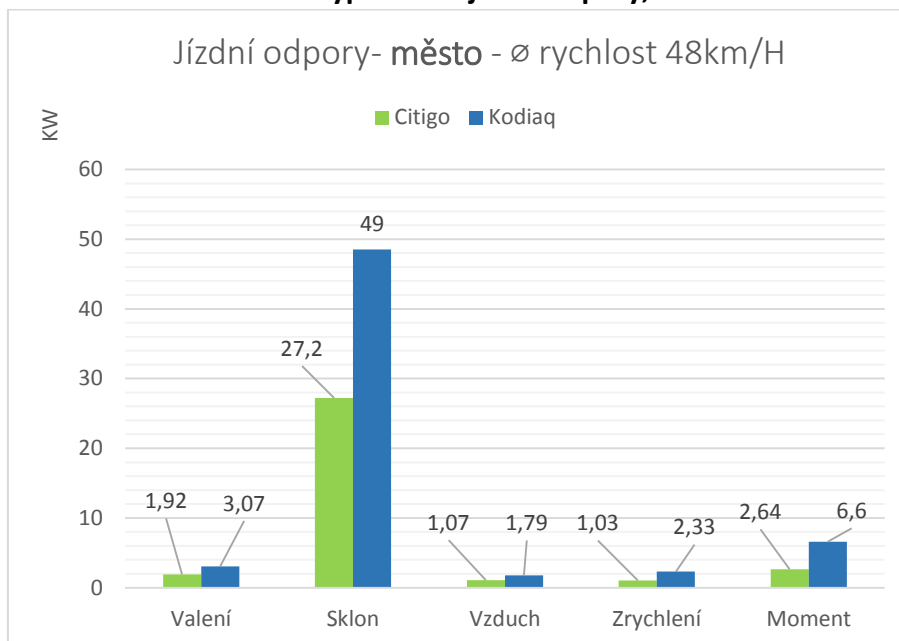
6. Výsledky a diskuze

Z výsledků měření a vypočítaných hodnot je zřejmé, že jízdní odpory mají na konečnou spotřebu automobilu nemalý vliv. Některé z nich lze ovlivnit, jiné jsou dány vlastnostmi dopravního zařízení a prostředí. Současně na rostoucí hodnoty má největší vliv hmotnost vozidla. Dvojnásobně těžké vozidlo může u odporu sklonu mít až 4x větší hodnoty, což může být velice negativní, tak i kladné.

Na základě informací z dostupné literatury bylo očekáváno, že hodnoty budou velmi záviset na již zmíněné hmotnosti vozidla, což se i po následném výzkumu potvrdilo. Ovšem například odpor sklonu může být v určitých úsecích dopravní trasy využit ke snížení spotřeby dopravního zařízení, což potvrzuje poslední trend v oblasti kamionové dopravy, který nastavila automobilka Mercedes-Benz. Jeho systém Predictive Powertrain Control (PPC), který funguje na principu upravení stylu jízdy dle topografie trasy. Tento systém umožňuje až 5% ušetření nákladů. Jedná se o typ tempomatu, který kombinuje digitální 3D mapy, informace z GPS a vysoce výkonné počítače. Systém řídí jízdní režim, rychlost jízdy, řazení převodových stupňů a akceleraci předvídatelně a před stoupáním rozhodne, zda je podřazení smysluplné nebo nikoliv. Systém je aktivní pouze od rychlosti 25km/hod.

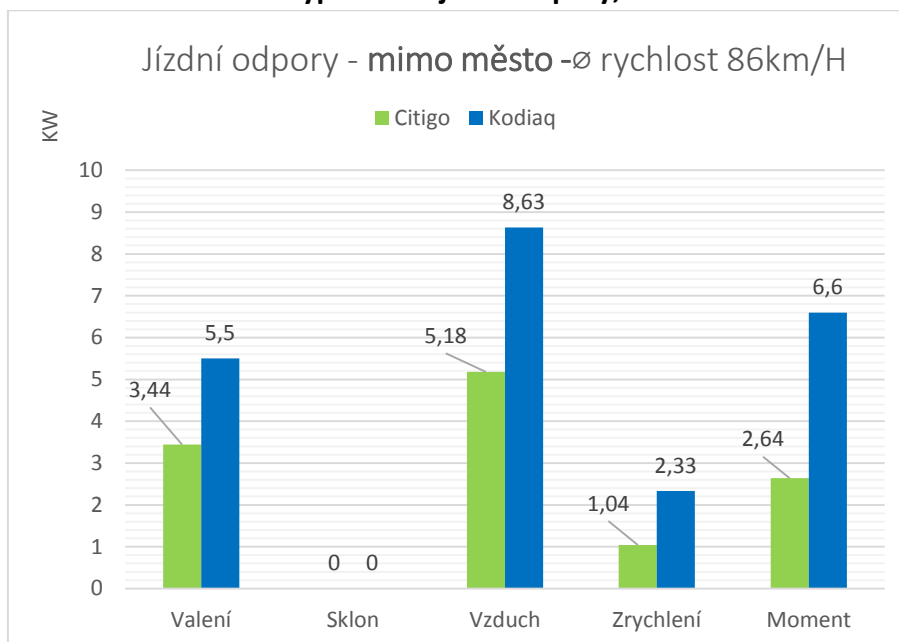
V rámci udávané spotřeby paliva výrobcem naměřené hodnoty ukázaly v průměru o 1,2 l/100km vyšší spotřebu, což reflektuje současnou nedůvěru veřejnosti k tabulkovým hodnotám, která může být způsobena současně špatně nastavenými jízdními cykly, které výrobci podstupují. Tento nedostatek by měl být odstraněn díky novelizaci normy pro měření spotřeby paliva a emisí.

Graf č. 1 - Vypočítané jízdní odpory, městská trasa



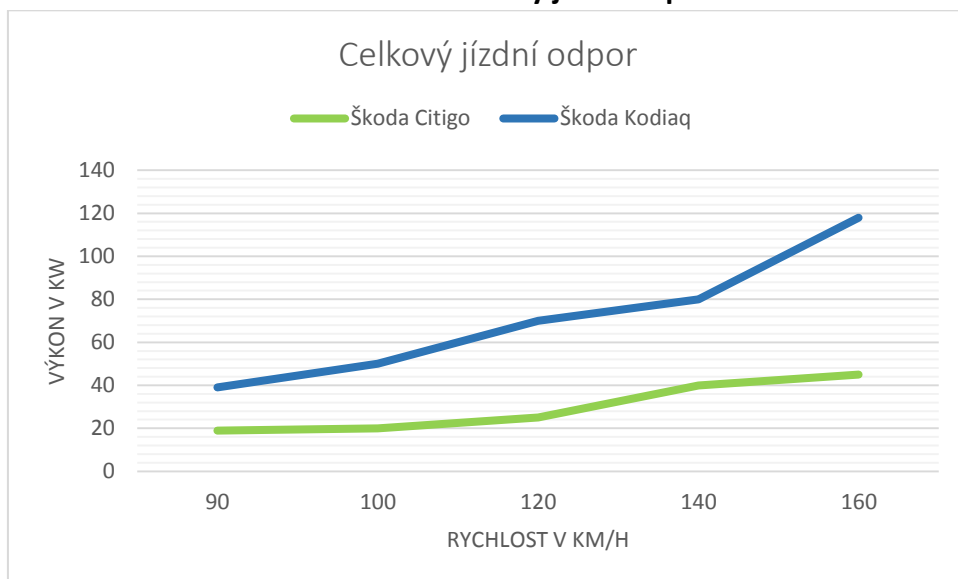
V případě městské trasy jsou patrné u odporu valení, vzduchu a zrychlení vždy větší hodnoty u většího automobilu, což bylo způsobeno jeho rozměry a především hmotností. Hodnoty odporu vzduchu jsou dány především samotnou aerodynamikou dopravního zařízení, ale také aktuální rychlostí větru. Vyšší rozdíl v řádech desítek kilowattů je patrný v odporu sklonu, což bylo způsobeno velkým výškovým převýšením před cílovou zónou a daná velikost reflektuje sílu nutnou k překonání této hodnoty. Větší model je o cca 600 kg těžší, a přesto je patrné, že síla k překonání svahu je oproti menšímu modelu skoro trojnásobná.

Graf č. 2 - Vypočítané jízdní odpory, trasa mimo město



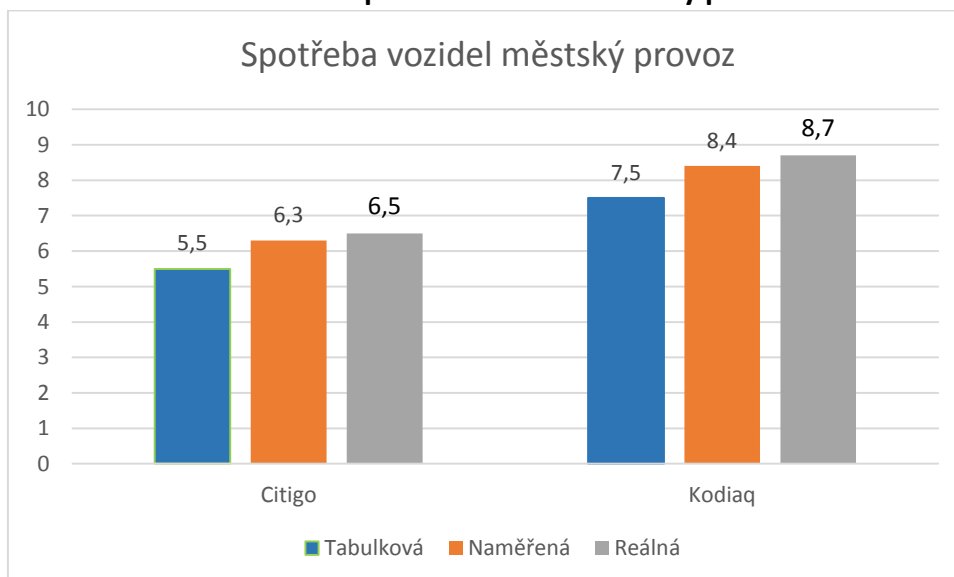
V případě trasy mimo město je patrné u odporu valení, vzduchu a zrychlení stejný trend jako u městské trasy a to zhruba dvojnásobně větší hodnoty ve prospěch Škody Kodiaq, což bylo způsobeno jeho rozměry a především hmotností. Hodnoty odporu vzduchu jsou dány především samotnou aerodynamikou dopravního zařízení, ale také aktuální rychlostí větru. Velký rozdíl je vidět v odporu sklonu, což bylo způsobeno velkým výškovým převýšením před cílovou zónou. Avšak u této trasy byl odpor sklonu nulový díky klesání. Není zde tedy síla nutná k překonání svahu. Větší model je o cca 600 kg těžší a to znamená, že díky klesání ušetří na této trase 1,6x tolik síly, oproti malému automobilu. V tomto případě svah nebyl překážkou, ale ulehčením, ze kterého pokud to řidičské dovednosti dovolí, lze těžit a ušetřit tak cenné palivo, pokud způsobem jízdy není ovlivněna bezpečnost provozu a není to v rozporu s legislativou.

Graf č. 3 - Celkový jízdní odpor



V grafu č. 3 lze sledovat celkový jízdní odpor obou dopravních zařízení v závislosti na rychlosti a jejich výkonu. Se zvyšující se rychlostí dochází ke vzrůstu potřeby výkonu a to především u velkého SUV, které je ovlivněno svojí velikostí, resp. čelní plochou a především hmotností.

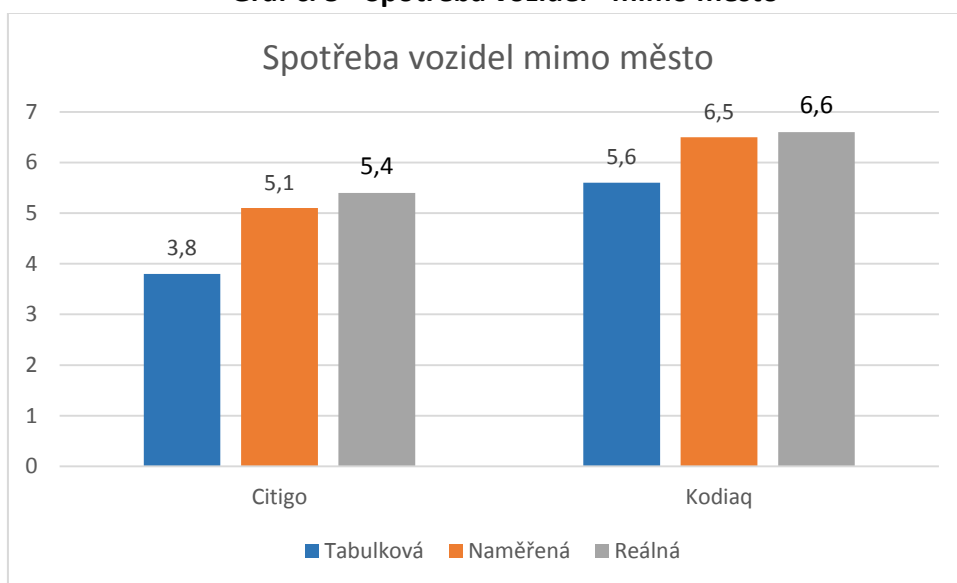
Graf č. 4 - Spotřeba vozidel- městský provoz



V grafu č. 4 lze vidět typické rozdíly tabulkových hodnot spotřeby paliva dané výrobcem automobilů a hodnot naměřené palubním počítačem. V rámci malého modelu je to hodnota nižší, která může být způsobena špatným vyhodnocením řídicí jednotky, pneumatikami pro zimní podmínky, nebo silou k překonání

velkého stoupání na konci trasy. U většího modelu jsou patrné o pár desetín větší hodnoty, což může být způsobeno výše popsanými aspekty, ale také již několikrát zmiňovanou hmotností. Vypočítaná reálná spotřeba měřená pomocí odměrného válce ukázala, že na spotřebu měřenou pomocí palubních počítačů se nelze spolehnout. Hodnota byla vyšší o 0,2, respektive 0,3 litrů na 100 km, což nejsou významné rozdíly, ale při ročním nájezdu, například 20 tisíc kilometrů se jedná o významné náklady za pohonné hmoty.

Graf č. 5 - Spotřeba vozidel - mimo město



V grafu č. 5 je vidět stejný trend jako v předešlém s tím rozdílem, že pro trasu mimo město je mnohem větší rozdíl udávané a skutečné spotřeby u menšího auta. Na což má vliv větší síla k vyvinutí větší cestovní rychlosti. Vliv má také velké klesání na konci trasy, kde větší vozidlo díky své hmotnosti získá znatelnou výhodu a tím ušetří palivo. Vypočítaná reálná spotřeba měřená pomocí odměrného válce ukázala, že na spotřebu měřenou pomocí palubních počítačů se nelze spolehnout. Hodnota byla vyšší o 0,3, respektive 0,1 litrů na 100 km.

Shrnutí vlivů, které ovlivňují spotřebu energie u automobilů:

Obecné faktory:

- a) Hmotnost automobilu
- b) Veličiny rozjezdu a vyšší zrychlení
- c) Úhel svahu
- d) Rychlost jízdy a s ní spojený odpor vzduchu, velikost automobilu (čelní plocha)
- e) Způsob jízdy řidiče, především jeho zkušenosti a přizpůsobení se charakteru trasy a podmínkám provozu
- f) Aktivované spotřebiče (klimatizace, vyhřívání sedadel, atp.)
- g) Volba vhodného paliva a motorového oleje
- h) Technický stav automobilu

Vedlejší faktory:

- a) Charakter dopravní trasy
- b) Stav pneumatik a charakter vozovky mající vliv na odpor valení
- c) Meteorologické podmínky

7. Závěr

Cílem DP byl popis vlivů, které působí na jedoucí vozidlo a provedení analýz reálných vozidel a jejich následné vyhodnocení. Výstupem práce je přehled faktorů ovlivňujících spotřebu energie jedoucích dopravních zařízení.

Vliv jízdních odporů má na konečnou spotřebu energie v jedoucích dopravních zařízeních značný vliv. Jízdní odpory mají různě velké hodnoty a tyto hodnoty ovlivňují technické parametry, které lze nanejvýš ovlivnit vhodnou volbou vozidla, potřebné k využívání automobilu. Další faktor, který lze ovlivnit je volba vhodné cesty a s tím spojená ekonomika a styl jízdy, který má každý z nás jiný. Pokud je automobil provozován často a velké dálky je vhodnou volbou absolvovat školení, které vhodně vysvětlí techniku ekonomické jízdy, pomůže ušetřit spotřebu paliva, a tím pomůže životnímu prostředí. Z výzkumné i teoretické části této práce vyplývá, že při vhodné volbě trasy, lze ušetřit až 10 % nákladů na palivo, což je nezanedbatelná hodnota a pro v diskuzi zmíněné nákladní automobily to představuje významnou složku, na kterou se automobilky v poslední době zaměřují.

Zastaralý systém měření spotřeby paliva NEDC byl nahrazen novým standardním jízdním cyklem WLTP, ale ten také nemůže být zcela přesný, protože neuvažuje s faktorem řidiče v reálném provozu. Proto se v brzké době zavede zkušební cyklus RDE, který bude měřit spotřebu paliva a tím také emise v reálném provozu. Ani tento jízdní cyklus nebude přesný, protože většina řidičů (v odborných rozbořech se uvádí až 90 %) nemusí být schopna optimálně využívat energii paliva k rozumnému pohybu automobilů po běžných trvalých dopravních trasách. Vyplývá to z výsledků Mezinárodní rady čisté dopravy (ICCT). Například v roce 2001 byl průměrný rozdíl mezi reálnou spotřebou paliva a hodnotami udávanými výrobcem "jen" 9 %.

Již v roce 2013 ale tento „rozpor“ v opravdové spotřebě narostl na 25 %. Nejnovější výsledky pro rok 2017 ukazují rozdíl ve spotřebě 42 %. Tento závěr potvrzují výsledky DP. Stav k lepšímu využívání energie pohonných hmot a elektrické energie mohou změnit tzv. „autonomní automobily“, které převezmou

řízení automobilu za řidiče a spotřeba energie bude optimalizovaná, bez negativních vlivů ze strany řidiče.

V roce 2017 byla průměrná hmotnost osobního automobilu 1428 kg, výkon motoru 73,6 kW, spotřeba nad 6,4 litrů a emise nad 135 g.CO₂.km⁻¹.

Nejvíce osobních automobilů je v současné době používáno při cestě do zaměstnání, za nákupy (v malých obcích už nejsou prodejny), do školek a škol (na sídlištích a satelitech není infrastruktura), za kulturou (divadla, výstavy jsou ve velkých městech), sportem (velká sportoviště, relaxační centra, fitness centra, posilovny jsou pouze ve velkých městech) a hobby zájmy (rybaření, houbaření, tuzemská turistika). Automobil má tedy sloužit především uvedenému účelu. Z výše uvedených důvodů má být přiměřeně pohodlný, s optimálními rozměry a hmotností takovou, aby posádka mohla bez problémů usedat do sedaček a ze sedaček vystupovat. Dále by jeho ovládání mělo být ergonomické, zejména z hlediska dosažitelnosti ovladačů a přehledu nezbytných signalizačních (optických) prvků. Dále by mělo mít co nejnižší požadavky na energii k zajištění pohybu bezpečnou rychlostí, to znamená nízkou spotřebu paliv, resp. elektrické energie, čímž by mělo být šetrné k životnímu prostředí, vzhledem k aktuálně dosaženému stupni vědecko-technického poznání a materiálových možností.

Výsledky DP potvrdily, že předchozím požadavkům může vyhovovat automobil s provozní hmotností do 900 kg a výkonem motoru 37 kW, s objemem zavazadlového prostoru do 0,26 m³ (to je objem průměrného nákupu na týden, nebo běžných osobních zavazadel). Mělo by být konstruováno pro dopravu 4 osob s celkovou hmotností 300 kg a se zavazadly o hmotnosti 10 kg pro jednoho. Pohon by měl být zážehovým spalovacím motorem o objemu maximálně do 1000 ccm (vzhledem k emisím), nebo elektromotorem s baterií do 24 kWh.

Díky technologickým inovacím, které jsem zmínil na příkladu automobilky Mercedes-Benz, která vyvinula systém Predictive powertrain control lze předpokládat, že tento systém se brzy objeví v dalších automobilkách, a zcela

nepochybně tak pozitivně ovlivní spotřebu a emise vozidel všech segmentů. Z výsledků je zřejmé, že pro jízdu ve městě je velké SUV z hlediska ekonomiky méně vhodné než auta menší. Jedná se zde především o vysokou hmotnost a velké rozměry dopravního zařízení. Z hlediska provedené analýzy jednoznačně vychází pro městský provoz výhodněji právě kategorie mini vzhledem ke svým kompaktním rozměrům a především kvůli již zmiňované hmotnosti, která má na konečnou ekonomiku jízdy největší vliv. Paradoxem dnešní doby je skutečnost, že v loňském roce mají vozy kategorie SUV podíl na celkových prodejkách v České republice bezmála 25% oproti 2,4% kategorie mini vozů. Ačkoliv si stále více lidí vybírá jako své další auto kategorii SUV, může pro nás být útěchou, že se výrobci automobilů v poslední době snaží automobilům co nejvíce snížit hmotnost. Což můžeme pozorovat v době příchodu nových generací modelových řad automobilek.

V tomto kontextu bylo zpracování této diplomové práce, stejně jako celé mé studium cenným zdrojem informací, které zcela nepochybně použiji v dalším osobním a profesním životě.

8. Seznam literatury

- 1) CELJAK, Ivo. Dopravní zařízení I. České Budějovice, 2017. Interní učební text. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích.
- 2) DITTRICH, Lukáš. *Jízdní odpory: sedm statečných, kteří se obrátili proti nám* [online].2007[cit.2018-04-15].Dostupné: <http://www.zavolantem.cz/jizdni-odpory-sedm-statecnych-kteri-se-obratili-proti-nam>
- 3) DVOŘÁK, František. Úsporná jízda: černé auto žere víc než světlé [online]. 2012 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/tipy-na-uspornou-jizdu-myslet-na-spotrebu-se-vyplati-uz-pri-nakupu-auta-1o5-automoto.aspx?c=A120515_154039_automoto_fdv
- 4) Iveco: Dokumenty a materiály společnosti Iveco.
- 5) Gscheidle Rolf et. al.: Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, Verlag Europa Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH, Haan Gruiten, Germany 2015, ISBN 978-3-80085-2163-2;
- 6) GERMAN ECONOMIC INSTITUTE. *WLTP: New standards for consumption values* [online].2017,[cit.2018-04-15].Dostupné: <http://www.volkswagen.co.uk/owners/wltp>
- 7) JANDA, Pavel. *Kolik vám to žere aneb Jak se měří spotřeba* [online]. 2005 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/kolik-vam-to-zere-aneb-jak-se-meri-spotreba_1
- 8) JEDLIČKA, Jiří, Vladimír ADAMEC a Jiří DUFEK. Vývoj emisní zátěže ovzduší z dopravy. , 8.str
- 9) ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC. *Individuální automobilová doprava* [online]. 2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=individualni_automobilova_doprava&site=doprava

- 10) ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC. Silniční doprava [online]. 2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=silnicni_do_prava&site=doprava
- 11) VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2. Vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0024-2.
- 12) Volvo: Interní dokumenty a materiály společnosti Volvo Trucks
- 13) Zákon č. 361/2000 o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, v platném znění
- 14) ŽÁK, Dalibor. Skutečná spotřeba vs udávaná: Čím větší motor, tím lepší [online]. 2014 [cit. 2018-04-15]. Dostupné: <https://www.autorevue.cz/skutečna-spotřeba-vs-udavana-cim-vetsi-motor-tim-lepsi>

9. Seznam obrázků

- 1) Obr. 1 – Dálnice, zdroj: www.zaktv.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 2) Obr. 2 – Silnice I. třídy, zdroj: <https://www.google.cz/maps> („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 3) Obr. 3 – Polní cesta, zdroj: www.zitkrajinou.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 4) Obr. 4 – Lesní cesta, zdroj: www.cz.wallpapers-fenix.eu („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 5) Obr. 5 – Diagram systému ovlivňující hospodárnost, zdroj: autor
- 6) Obr. 6 – Vliv povrchu vozovky na velikost součinitele odporu valení, zdroj: www.zavolantem.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 7) Obr. 7 – Graf odporu tření, zdroj: www.zavolantem.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 8) Obr. 8 – Graf odporu tření, zdroj: www.zavolantem.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 9) Obr. 9 – Odpor ze stoupání, zdroj: autor
- 10) Obr. 10 – Celkový odpor vybraných vozidel, zdroj: www.zavolantem.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 11) Obr. 11 – Měření spotřeby NEDC, zdroj: www.volkswagen.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 12) Obr. 12 – Měření spotřeby WLTP, zdroj: www.volkswagen.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 13) Obr. 13 – ADAC spotřeba vozidel Škoda, zdroj: www.autorevue.cz („staženo dne: 25. 2. 2018“)
- 14) Obr. 14 – Škoda Citigo, zdroj: www.skoda-auto.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)
- 15) Obr. 15 – Technické údaje Škoda Citigo, zdroj: www.skoda-auto.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)
- 16) Obr. 16 – Škoda Kodiaq, zdroj: www.skoda-auto.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)

- 17) Obr. 17 – Technické údaje Škoda Kodiaq, zdroj: www.skoda-auto.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)
- 18) Obr. 18 – Zpomalovací semafor v obci Němčice, zdroj: www.google.cz/maps („staženo dne: 16. 2. 2018“)
- 19) Obr. 19 – Meteorologická stanice Vantage Vue, zdroj: www.davis.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)
- 20) Obr. 20 – Odměrný válec, zdroj: www.vmd-drogerie.cz („staženo dne: 15. 2. 2018“)
- 21) Obr. 21 – Nájezdové váhy, zdroj: vlastní
- 22) Obr. 22 – Mapa první trasy, zdroj: www.mapy.cz („staženo dne: 2. 4. 2018“)
- 23) Obr. 23 – Mapa druhé trasy, zdroj: www.mapy.cz („staženo dne: 2. 4. 2018“)

10. Seznam tabulek

- 1) Tabulka 1: Obvyklé měrné spotřeby u spalovacích motorů
- 2) Tabulka 2: Maximální jízdní odpory Škoda Citigo, městská trasa, zdroj: vlastní
- 3) Tabulka 3: Naměřená spotřeba Škoda Citigo, městská trasa, zdroj: vlastní
- 4) Tabulka 4. Maximální jízdní odpory Škoda Kodiaq, městská trasa, zdroj: vlastní
- 5) Tabulka 5. Naměřená spotřeba Škoda Kodiaq, městská trasa, zdroj: vlastní
- 6) Tabulka 6. Maximální jízdní odpory Škoda Citigo, trasa mimo město, zdroj: vlastní
- 7) Tabulka 7. Naměřená spotřeba Škoda Citigo, trasa mimo město, zdroj: vlastní
- 8) Tabulka 8. Maximální jízdní odpory Škoda Kodiaq, trasa mimo město, zdroj: vlastní
- 9) Tabulka 9. Naměřená spotřeba Škoda Kodiaq, trasa mimo město, zdroj: vlastní
- 10) Tabulka 10. Sportovní vs ekonomická jízda, zdroj: vlastní

11. Seznam grafů

- 1) Graf č. 1 - Vypočítané jízdny odpory, městská trasa, zdroj: vlastní
- 2) Graf č. 2 - Vypočítané jízdny odpory, trasa mimo město, zdroj: vlastní
- 3) Graf č. 3 - Celkový jízdny odpor, zdroj: vlastní
- 4) Graf č. 4 - Spotřeba vozidel- městský provoz, zdroj: vlastní
- 5) Graf č. 5 - Spotřeba vozidel - mimo město, zdroj: vlastní

12. Seznam příloh

- 1) Příloha A: Datový nosič CD