

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy

**Faktory ovlivňující spotřebu PHM
silničních vozidel**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Autor: Jan Mertlík

Praha 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Mertlík

obor Silniční a městská automobilová doprava

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Faktory ovlivňující spotřebu PHM silničních vozidel**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Faktory způsobené automobilem
4. Provozní vlivy
5. Faktory způsobené řidičem
6. Závěr
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

DYNAMIKA MOTOROVÝCH VOZIDEL

Prof. Ing. František Vlk, DrSc.

Vlk, Brno 2000

AUTOMOBILOVÁ PALIVA

Ing. Vladimír Matějovský

Grada, Praha 2005

JEZDÍME EKONOMICKY

Ing. Jan Horníček,

Computer Press, Brno 2007

Factor that affect vehicle fuel consumption
summary report of the 2005 Canadian vehicle survey
ISBN 978-0-662-46198-2

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011



Vedoucí katedry




Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Česká pošta s. p. považuje data obsažená v této bakalářské práci za citlivá, proto její obsah není veřejně dostupný.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Boleslava Kadlečka, CSc. Citované prameny jsou uvedeny v závěru bakalářské práce.

Ve Strakonících dne 24. 2. 2011

Jan Mertlík

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Boleslavu Kadlečkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a poskytnutou literaturu potřebnou k vypracování této bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině za podporu při studiu.

Abstrakt:

Faktorů, které působí na spotřebu pohonných hmot u silničních motorových vozidel, je obrovské množství. Mohou působit přímo a zpravidla se dají vyčíslit, obvykle to je závislost spotřeby na technických parametrech vozidla nebo na stavu vozovky. U činitelů působících nepřímo někdy lze těžko definovat míru jejich vlivu na spotřebu paliva – například řidičovo chování. Navíc většina faktorů se vzájemně ovlivňuje, proto je třeba celou problematiku chápat systémově a stejně tak přistupovat k řešení. Tato bakalářská práce třídí a analyzuje faktory, které tedy přímo či nepřímo ovlivňují spotřebu pohonných hmot u silničních motorových vozidel, a rozděluje je do skupin podle původu vzniku. Tam, kde je to možné, je daný faktor kvantifikován či statisticky vyhodnocen, v ostatních případech je slovně popsán.

Klíčová slova: spotřeba, řidič, vozidlo, doprava

The Factors of vehicle fuel consumption**Summary:**

There is a huge amount of factors that affect the fuel consumption of motor vehicles. They act directly and usually can be quantified – it is generally the dependence of consumption on technical parameters of a vehicle or road. Considering the factors that work indirectly, it is sometimes difficult to define the extent of their impact on fuel consumption – it involves for example the driver's behaviour. In addition, many factors interact and the whole issue should be understood systemically, as well as the attitude to the solution. This thesis classifies and analyzes the factors that both directly or indirectly affect the fuel consumption of motor vehicles and divides them into groups according to their origin. Where possible, the factor is quantified or statistically evaluated, in other cases it is verbally described.

Keywords: consumption, driver, vehicle, transport

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 FAKTORY ZPŮSOBENÉ AUTOMOBILEM.....	3
2.1 Jízdní odpory	3
2.1.1 Odpor valivý	3
2.1.2 Odpor vzdušný	3
2.1.3 Odpor stoupání	4
2.1.4 Odpor zrychlení.....	4
2.1.5 Odpor přívěsu	5
2.1.6 Mechanické odpory	6
2.2 Konstrukční vlivy	7
2.2.1 Hmotnost vozidla.....	7
2.2.2 Rozměry vozidla.....	8
2.2.3 Jednotka motoru	8
2.2.4 Typ převodovky.....	10
2.2.5 Součinitel odporu vzduchu	11
2.2.6 Pneumatiky	12
2.2.7 Konstrukce pohonu	13
2.2.8 Příslušenství.....	14
2.2.9 Přídavná zařízení	14
2.2.10 Účinnost přenosu hnací síly	14
2.2.11 Energetická náročnost elektrických zařízení	14
2.2.12 Přítomnost diagnostických zařízení.....	15
2.3 Vliv technického stavu vozidla	16
2.3.1 Motor	16
2.3.2 Chladicí soustava.....	16
2.3.3 Pneumatiky.....	17
2.3.4 Převodovka a spojka	18
2.3.5 Palivový, brzdový a výfukový systém	18
3 PROVOZNÍ VLIVY.....	19
3.1 Vliv dopravní infrastruktury	19
3.1.1 Intenzita dopravy.....	19
3.1.2 Organizace, řízení a skladba dopravy	19
3.1.3 Výškové vedení.....	21
3.1.4 Směrové vedení	21
3.1.5 Návrhová rychlost, šířka komunikace.....	22
3.1.6 Tvar křižovatek a počet jízdních pruhů.....	22
3.1.7 Povrch vozovky	22

3.2 Meteorologické vlivy	23
3.2.1 Vítř	23
3.2.2 Teplota vzduchu.....	25
3.2.3 Vlhkost a tlak vzduchu.....	26
3.2.4 Dohlednost.....	27
3.2.5 Srážky	27
3.3 Kvalita paliva	27
4 VLIV ŘIDIČE.....	29
4.1 Faktory řidičem ovlivnitelné.....	30
4.1.1 Technika jízdy	30
4.1.2 Plynulá jízda	31
4.1.3 Předvídání	31
4.1.4 Včasné řazení.....	32
4.1.5 Volba a znalost trasy.....	33
4.1.6 Volba doby výjezdu.....	34
4.1.7 Hmotnost vozidla	34
4.1.8 Způsob zastavování a parkování	34
4.2 Faktory řidičem neovlivnitelné nebo jen částečně ovlivnitelné	34
4.2.1 Stres.....	36
4.2.2 Únava.....	36
4.2.3 Vnější činitelé	37
5 ZÁVĚR.....	38
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
7 SEZNAM PŘÍLOH	43
7.1 Grafy.....	43
7.2 Obrázky	43
7.3 Zkratky	44

1 ÚVOD

Automobilová doprava je již mnoho let neodmyslitelnou součástí lidského života. Výraz auto je dnes jedním z prvních deseti slov, které dítě vysloví jako první slova ve svém životě. Automobily slouží k přepravě nákladů všeho druhu – osob, zvířat i věcí na nejrůznější vzdálenosti v libovolném čase. Tato variabilita zapříčinila relativně rychlý vývoj automobilového průmyslu a ohromnou expanzi výroby vozidel v posledních desetiletích. Automobilový průmysl zaměstnává 8,5 miliónu lidí na celém světě [1] – v ČR 120 tisíc lidí. V roce 2009 bylo vyrobeno na Zemi téměř 61 miliónů vozidel – v ČR 975 tisíc [2].

Navíc vývojový trend dopravy jasně vykazuje stabilní nárůst, v nákladní dopravě dochází k navyšování dopravních výkonů. Protože ekonomika provozu motorových vozidel je dána právě především spotřebou pohonných hmot, je snižování spotřeby jedním z nejdůležitějších úkolů. Celospolečenským přínosem úspor pohonných hmot je pak nejen snížení hluku a exhalací, ale i konečných cen veškerého zboží. To se pak odráží v celkové ekonomice jednotlivých států celého světa.

K negativním dopadům dopravy patří bezesporu na prvním místě zhoršování kvality životního prostředí. Jde především o produkce emisí, zvyšování hladiny hluku, zanedbat nelze ani zábery půdy, zmenšování životního prostoru pro floru a faunu. Podle [3] jsou rozhodujícími vlivy na znehodnocování životního prostředí tyto vlivy:

1. způsob pohonu vozidel
2. způsob vedení vozidla
3. vedení trasy komunikace
4. technický stav komunikace
5. technický stav vozidel
6. způsob a technika řízení a organizace dopravy
7. disciplína účastníků dopravního provozu.

Běžný osobní automobil potřebuje ke spálení 1 kg paliva přibližně 15 kg vzduchu, zároveň vyprodukuje 120 až 150 g CO₂. Proto jedním z prvotních cílů vyspělé společnosti by tedy mělo být kromě zvyšování blahobytu a zajištění

ekonomiky také sledování udržitelného rozvoje životního prostředí. Již 187 států ratifikovalo do října 2009 tzv. Kjótský protokol, podle něhož se země zavazují snižovat emise skleníkových plynů. Protokol vyprší v roce 2012. Bezpochyby bude následovat nová mezinárodní smlouva o dalším snižování emisí. Jednou z možností, jak snížit emise, je snižování spotřeby pohonných hmot automobilů. Navíc mimo uvedených ekologických dopadů se tyto úspory projeví i na poli ekonomickém.

Bohužel, snaha o snižování spotřeby bude vždy kompromisem mezi ekologickými požadavky, designem, hlučností, požadavky na bezpečnost přepravy, výrobní cenou, poptávkou trhu, spolehlivostí i komfortem jízdy.

Automobilové emise obsahují především tyto látky:

1. oxid uhelnatý (CO)
2. oxidy dusíku (NO_x)
3. uhlovodíky (HC)
4. oxid uhličitý (CO₂)
5. oxid siřičitý (SO₂)
6. přízemní ozón (O₃)
7. polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)
8. aldehydy
9. olovo (Pb)
10. prachové částice.

Podíl motorových vozidel na celkových emisích (USA) dle [4]:

1. oxid uhelnatý 60 – 90 %
2. oxidy dusíku 45 – 50 %
3. toxické látky 35 – 40 %
4. oxid uhličitý 30 – 35 %.

2 FAKTORY ZPŮSOBENÉ AUTOMOBILEM

2.1 Jízdní odpory

Zavádí se pojem tzv. jízdních odporů. Jsou to odpory působící proti pohybu vozidla [5]. Jízdní odpory se používají pro výpočet konstrukcí částí automobilu – odpor valivý, odpor vzdušný, odpor zrychlení (setrvačný), odpor stoupání (odpor do svahu) a odpor přívěsu.

2.1.1 Odpor valivý

Tento odpor – O_{fk} vzniká deformací vozovky a pneumatiky. Je dán vztahem

$$O_{fk} = Z_k \cdot f_k \cdot \cos \alpha \quad [\text{N}], \quad (1)$$

kde Z_k je zatížení kola [N], f_k je koeficient valivého odporu [-], úhel α [°] redukuje zatížení kola v případě nevodorovné vozovky.

Koeficient valivého odporu závisí na typu povrchu vozovky, deformaci pneumatiky (tedy její konstrukce a nahuštění) a na rychlosti valení kola. Jeho velikost se pohybuje od 0,01 (suchý asfalt) až do 0,4 (bahnitý terén). Ztráty způsobené valivým odporem se přeměňují v teplo (opakovaná deformace pneumatiky) a na práci potřebnou k opotřebení pneu, případně pohybu částic vozovky. Na valivý odpor připadá cca 5 % z celkových ztrát, čemuž odpovídá přibližná úspora ve výši 0,5 l/100 km.

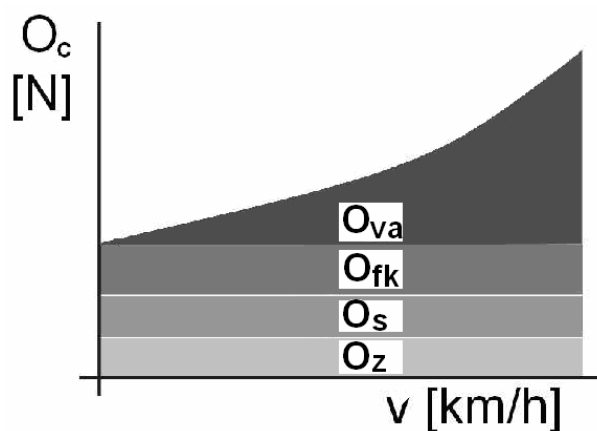
2.1.2 Odpor vzdušný

Vzdušný odpor O_{va} vzniká nerovnoměrným prouděním vzduchu při pohybu vozidla. Za vozidlem se proudnice vzduchu již laminárně nespojí, nastává víření. Tento odpor definuje vztah

$$O_{va} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_x \cdot S_x \cdot v^2 \quad [\text{N}], \quad (2)$$

kde ρ je měrná hmotnost vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], c_x součinitel odporu vzduchu [-], S_x čelní plocha (průmět) vozidla [m^2], v rychlost náporu vzduchu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Velikost vzdušného odporu jako jediného ze všech jízdních odporů ovlivňuje spotřebu v závislosti na rychlosti jízdy vozidla, neboť vzrůstá se čtvercem rychlosti náporu vzduchu – graf 1.



Graf 1: Závislost jízdních odporů na rychlosti [5]

2.1.3 Odpor stoupání

Tento odpor bývá také nazýván odpor do svahu – O_s . Je dán velikostí tíhy vozidla, resp. její složky rovnoběžné s vozovkou. Je určen vztahem

$$O_s = G \cdot \sin \alpha \quad [\text{N}], \quad (3)$$

kde G je tíha vozidla [N], α úhel stoupání vozovky [°]. V případě klesání vozovky se uvažuje úhel $\alpha < 0$, pak tento odpor naopak vozidlo pohání. Ztráty vzniklé odporem stoupání se akumulují ve formě potenciální energie, která se dá částečně využít právě při klesání vozovky – jízdě ze svahu.

2.1.4 Odpor zrychlení

Odpor zrychlení (též zvaný setrvačný) O_z způsobuje setrvačná síla, působící proti směru zrychlení. Skládá se z odporu translačního (posuvných hmot vozidla) a odporu rotujících částí (rotačního). Výpočty těchto odporů jsou poměrně složité, proto se pro potřeby této práce spokojíme se vztahem

$$O_z = m \cdot a \cdot \theta \quad [\text{N}], \quad (4)$$

kde m je hmotnost vozidla [kg], a je jeho zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]. Velikost součinitele θ [-] závisí na momentu setrvačnosti a poloměru kola vozidla, na celkovém

převodovém poměru, hmotnosti vozidla a skluzu hnacích kol. Číselně se pohybuje v rozmezí od 1,04 do 8, detaily jsou uvedeny v tabulce 1.

Automobil	Součinitel θ	
	Nejvyšší rychl. stupeň	Nejnižší rychl. stupeň
Osobní	1,04 – 1,07	1,2 – 1,8
Nákladní silniční	1,06 – 1,1	1,4 – 3
Nákladní terénní	1,08 – 1,25	5 – 8

Tabulka 1: Informativní průměrné hodnoty součinitele θ [6].

2.1.5 Odpor přívěsu

Odpor přívěsu je dán silou, kterou musí tažné vozidlo vyvinout k překonání jízdního odporu přívěsu. Závisí především na hmotnosti přívěsu. Obecně je tento odpor odkloněn od roviny rovnoběžné s vozovkou, rozkládá se proto na dvě složky. Složka kolmá k vozovce zatěžuje nápravy tažného vozu, promítne se tedy do všech jízdních odporů závislých na hmotnosti tažného vozidla. Složka rovnoběžná s vozovkou je odpor přívěsu. Na přívěs působí stejné odpory jako na tažný vůz, tedy odpor valivý, odpor vzduchu, odpor do stoupání, odpor setrvačný, případně i odpor dalšího přívěsu [6].

Celkový teoretický jízdní odpor O_c tedy lze vyjádřit sloučením předchozích vztahů:

$$O_c = n \cdot Z_k \cdot f_k \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_x \cdot S_x \cdot v^2 + G \cdot \sin \alpha + G \cdot \theta \cdot \frac{a}{g} \quad [\text{N}], \quad (5)$$

kde O_c je celkový odpor, zároveň hnací síla [N]; n počet kol vozidla; Z_k zatížení jednoho kola [N]; f_k součinitel valivého odporu [-]; α úhel stoupání vozovky [°]; G tíha vozidla [kg]; ρ hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]; c_x součinitel odporu vzduchu [-]; S_x čelní plocha vozidla [m^2]; v je rychlost proudění vzduchu okolo vozidla [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], s stoupání [-]; θ součinitel vlivu rotačních součástí [-]; g tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]; a zrychlení vozidla [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] a.

Odpor vzdušný jako jediný je závislý na rychlosti v , a to hned na její druhé mocnině.

2.1.6 Mechanické odpory

Při přenosu energie z jednotky motoru na jednotlivá kola vznikají ztráty třením. Mezi mechanické odpory patří zejména ztráty:

- třením v samotném motoru
- třením ve spojkovém mechanismu
- třením v kloubových mechanismech
- třením v ložiscích
- třením mezi ozubenými koly
- vířením převodového oleje.

Mechanické odpory se řadí podle [6] také k jízdním odporům. Existují empirické vzorce a tabulky, které tyto odpory vyčíslují pomocí tzv. mechanické účinnosti η .

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \quad [-], \quad (6)$$

kde P_1 je výkon výstupní (též odevzdaný) [W], P_2 je výkon dodaný [W].

Průměrné hodnoty mechanické účinnosti vozidel se pohybují v rozmezí 0,8 – 0,93, přičemž spodní hranice tohoto intervalu odpovídá vozidlům s pohonem všech kol, horní hranice automobilům s jednou hnací nápravou a jednoduchým stálým převodem této nápravy [6]. Celkový jízdní odpor O_{cJ} tak lze vyjádřit

$$O_{cJ} = \frac{1}{\eta} \cdot n \cdot Z_k \cdot f_k \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_x \cdot S_x \cdot v^2 + G \cdot \sin \alpha + G \cdot \theta \cdot \frac{a}{g} \quad [N], \quad (7)$$

přičemž jednotky veličin jsou stejné jako u vztahu (5).

V dalších částech této práce je pokračováno v rozdělení faktorů ovlivňujících spotřebu paliva dle původce vzniku konkrétního vlivu, jak uvádějí [7] a [8].

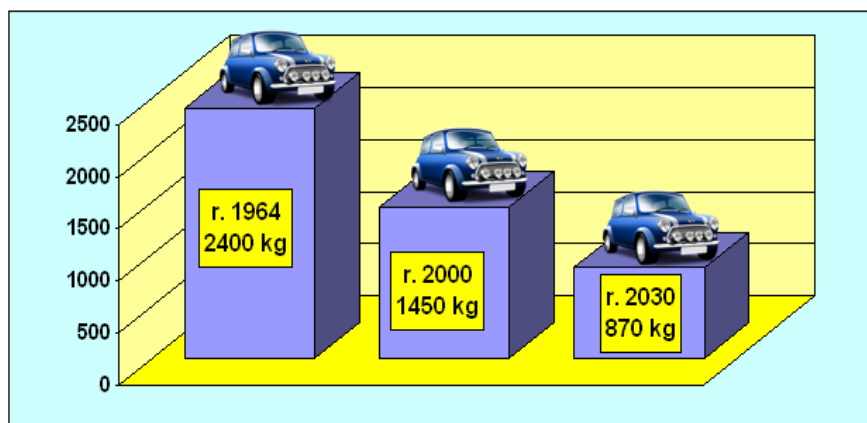
2.2 Konstrukční vlivy

V této kapitole budou analyzovány vlivy konstrukčního návrhu a provedení vozidla a jeho částí na spotřebu pohonných hmot. Z toho vyplývají možnosti úspor na poli konstrukce a vývoje automobilů.

2.2.1 Hmotnost vozidla

Hmotnost vozidla se projeví na výši spotřeby hned v několika aspektech. Jednak podle vztahu (1) pro valivý odpor kol, kde veličina Z_k – zatížení kola [N] je přímo úměrná hmotnosti vozidla. Jinak řečeno, zvýšením hmotnosti se zvyšuje valivý odpor kol. Dále se hmotnost projevuje zvýšením spotřeby ve stoupání dle vztahu (3). Do třetice hmotnost promlouvá do výše spotřeby ve formě vztahu (4) jako odpor zrychlení translačního pohybu vozidla. V případě jízdy s přívěsem ještě vstupuje do hry jízdní odpor přívěsu.

Jak tedy lze snižovat hmotnost automobilu z konstrukčního hlediska? Ekonomické výhledy předpokládají trend do roku 2020 snížit spotřebu paliva na 2,6 l/100 km a zredukovat emise CO₂ na 120 g/km. Dosažení takto kontradikčních požadavků je možné jen pomocí redukce hmotnosti automobilu [9].



Graf 2: Trend snižování hmotnosti – vůz střední třídy – Evropa [9]

Snížení hmotnosti však musí probíhat v souladu s ohledem na bezpečnost pasažérů a nesmí snižovat komfort cestování. Studie amerického ministerstva energetiky přitom ukázala, že zhruba třetinová úspora hmotnosti znamená snížení spotřeby o 23 %. V roce 2000 byl podíl oceli a železa na automobilu asi 62 %.

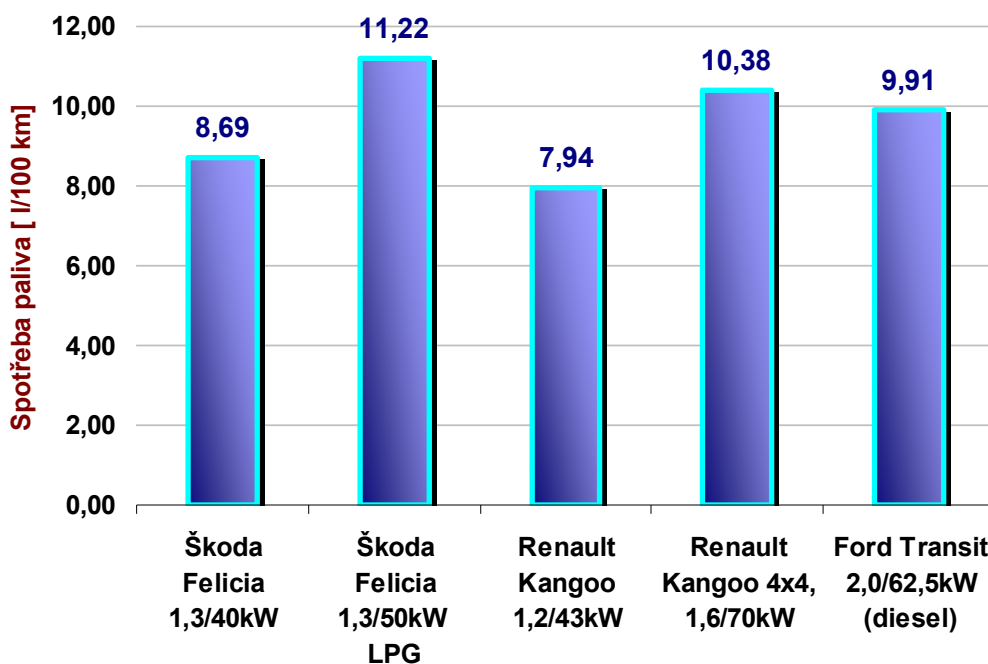
Poslední vývojářské trendy hovoří jasně: Vyvíjet menší pohonné jednotky se zachováním výkonových parametrů. U dveří a blatníků navrhují inženýři snížení hmotnosti ze 143 kilogramů u současného modelu (Lotus) na 84 u modelu pro rok 2020. Namísto oceli budou nově ze 33 % hořčíku, 21 % plastů, 18 % oceli, 6 % hliníku a 22 % z dalších materiálů [10]. Na karoserii lze použít např. kompozitní materiály, technologii svařování nahradit lepením, mechanická spojení nahrazovat elektrickými nebo lépe bezdrátovými spoji, místo skla používat polykarbonáty.

2.2.2 Rozměry vozidla

Rozměry vozidla mají přímý dopad na hmotnost vozidla. Konstrukčně by se tedy měly navrhovat automobily nezbytně velkých rozměrů s ohledem na jejich funkčnost. Velikost průmětu čelní plochy (a hlavně pak její tvar) ovlivňuje součinitel odporu vzduchu. U nákladních vozů s požadavkem na velký přepravní objem se s úspěchem používá tzv. spoilerů, zařízení k usměrnění náporu vzduchu s cílem snížit součinitel odporu vzduchu.

2.2.3 Jednotka motoru

Celková konstrukce a uspořádání pohonné jednotky má zásadní vliv na spotřebu paliva. Dobře je to viditelné na grafu 3 – průměrná spotřeba z let 2004 – 2007.



Graf 3: Závislost spotřeby na typu motoru [zdroj: Česká pošta]

Mezi parametry ovlivňující výši spotřeby pohonných hmot patří zejména objem, výkon a typ motoru (dvoudobý, čtyřdobý), druh paliva (benzín a jeho oktanové číslo, nafta, LPG, CNG, aj.) a další konstrukční uspořádání (počet ventilů, příprava zapalovací směsi, způsob vstřikování, atd.). Zážehové motory mají vyšší spotřebu paliva než vznětové. Je to dáno lepší tepelnou účinností vznětových motorů, která činí 30 – 45%, oproti zážehovým motorům, kde je tepelná bilance nižší (25 – 35%).

Vznětové motory pracují s vyššími teplotami a tlaky. Jsou proto robustnější konstrukce, mají vyšší hmotnost a vyšší výrobní náklady. V poslední době se díky moderním pokrokovým technologiím a díky tlakům na výrobce motorů daří zachovávat výkon motoru za současného snižování spotřeby a hmotnosti jednotky motoru.

Konstrukční uspořádání přípravy směsi významně ovlivňuje spotřebu paliva. Zejména přechod od mechanického dávkování paliva (karburátory u zážehových motorů, vstřikovací čerpadla u vznětových) k vysokotlakým vstřikovačům paliva se zasadil k optimalizaci spalování, což má příznivý vliv na spotřebu paliva.

Volbou typu vstřikování se dá opět snižovat spotřeba paliva. Vstřikování může být přímé, nepřímé, jedno- nebo vícebodové, piezoelektrické, atpod. U motorů přeplňovaných se dá zvýšit množství nasávaného vzduchu jeho stlačováním kompresory a ochlazováním – vzduch prochází chladičem nasávaného vzduchu, tzv. intercoolerem.

Vyšším kompresním poměrem (poměr mezi objemy směsí nasáté a směsi stlačené) se zlepšuje tepelná bilance motoru, tím se zároveň spotřeba snižuje. Například rozdíl mezi studeným motorem, a motorem zahřátým na 80 °C se projeví tlakovým rozdílem komprimovaného vzduchu ve výši cca 400kPa, a tím teplotním rozdílem více než 280 °C [11].

Důležitou roli má také tvar spalovacího prostoru. Příznivý je kompaktní spalovací prostor s nízkým poměrem povrchu k objemu, kdy plamen spotřebuje i poslední zbytky nespálené směsi [12].

Použitý systém rozvodů a počet ventilů ovlivňuje kvalitu a rychlost výměny spálených plynů s nasávanou směsí. Současné nejpoužívanější systémy (OHC, DOHC, desmodromické rozvody) by mohly v budoucnu nahrazovány rozvodovými

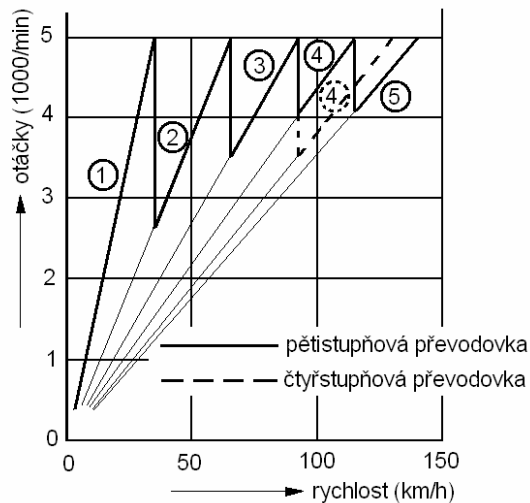
systémy s hydraulickým a elektromagnetickým ovládním zdvihu ventilu, ty jsou však zatím ve stádiu ověřování.

U zážehových motorů zvyšuje kvalitu hoření směsi elektronicky řízené načasování okamžiku zážehu v závislosti na teplotě a množství nasátého vzduchu, obdobně u vznětových motorů okamžik vstříku a množství vstříknutého paliva.

Z důvodu hlučnosti musí tlumič výfuku ztlumit hluk výbuchů (hoření paliva) motoru na předepsanou mez dle předpisu EHK/OSN č. 51 z r. 2007. Z důvodů ekologických požadavků musí výfuková soustava obsahovat tzv. katalyzátor výfukových plynů. Obě zařízení, tlumič i katalyzátor více či méně brání rychlému úniku výfukových plynů z pracovního prostoru motoru. Ovšem je třeba podotknout, že bez výfukového potrubí by odvod spalin nebyl také ideální. Svod usměrňuje tok výfukových plynů a optimalizuje tak výplach motoru – výměnu spálených plynů za novou nasávanou směs. Systém EGR (Exhaust Gas Recirculation) část exhalací vrací zpět do sání, čímž dochází ke snižování exhalací oxidu dusíku, spotřeba paliva se však může zvýšit o cca 0,5 l/100 km.

2.2.4 Typ převodovky

Aby spalovací motory pracovaly v optimálním režimu, a tedy s co nejnižší spotřebou paliva, musí pracovat v určitém rozsahu otáček a zároveň dokázat pokrýt všechny potřebné situace při jízdě. Optimalizace převodů, zvyšování počtu převodových stupňů přesouvá využití optimálních otáček motoru do oblasti nižších otáček, což vede ke snížení spotřeby paliva, snížení hlučnosti a zvýšení životnosti motorů. Čím více převodových stupňů, tím je při správném odstupňování převodů nižší spotřeba. Je to dobře patrné z grafu 4.



Graf 4: Pilový diagram převodových stupňů [13]

Automatické převodovky mají v provozu vyšší spotřebu, uvádí se zvýšení o cca 1 l/100 km. Moderní automatické převodovky, které již nepoužívají chlazení spojek v olejové lázni (ta klade jistý odpor), už mají spotřebu srovnatelnou. Ovšem výrobní cena několikanásobně převyšuje cenu převodovky manuálně řazené.

2.2.5 Součinitel odporu vzduchu

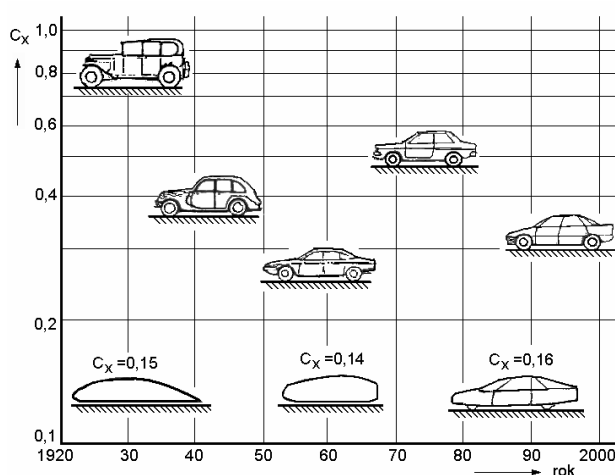
Tento součinitel bývá označován c_x – je to bezrozměrný údaj, vypovídající o míře vzdušných ztrát při pohybu vozidla směrem vpřed. Velikost koeficientu se zjišťuje buď na modelech, nebo na skutečných vozidlech v aerodynamických tunelech, a dnes již také pomocí počítačových simulací. Velikost součinitele c_x je závislý na tvaru vozidla – ideální hodnotu má kapkovitý tvar – 0,037. V roce 1934 byl vyráběn automobil Tatra 77 (obr.1), který měl hodnotu $c_x = 0,21$. Tvar tohoto automobilu byl vyvíjen v aerodynamickém tunelu.



Obr. 1: Tatra 77

Podle [14] ovlivňuje součinitel odporu vzduchu ze 40% jeho proporce a tvar, přičemž asi čtvrtina připadá na účet detailů, jako jsou zpětná zrcátka, světlomety, střešní nosiče, atd., zhruba 10 % spadá na úkor průtoku vzduchu pro chlazení motoru a brzd, asi 20 % má na svědomí proudění pod podlahou vozu a 30 % odporu vytvářejí kola a podběhy blatníků.

Snížení aerodynamického odporu o 10 % znamená přibližně redukci spotřeby až o 2,5 % .



Graf 5: Vývoj tvaru automobilu s ohledem na součinitel c_x [5]

2.2.6 Pneumatiky

Volbou parametrů kol a pneumatik ovlivní konstruktér spotřebu vozidla následujícím způsobem:

1. vnější průměr pneumatiky má vliv na celkový převodový poměr, ovšem tato skutečnost se dá regulovat převodovým systémem automobilu
2. počet kol (náprav vozidla) závisí na plánované užitečné hmotnosti vozidla. Čím více kol, tím větší valivý odpor, naopak při menším počtu kol jsou jednotlivá kola více zatížena
3. tzv. profilové číslo pneumatiky, které vyjadřuje výšku pneumatiky, čili rozdíl mezi vnějším poloměrem a poloměrem disku. Čím je profilové číslo nižší, tím menší jsou deformace boků pneumatiky a je nižší valivý

odpor (ale zároveň se zhoršuje komfort jízdy – více se přenáší nerovnosti vozovky na vozidlo)

4. větší šířka pneumatiky se projeví na vyšší spotřebě, která je v tomto případě zvyšována deformací běhounu (tj. zvýšení valivého odporu) pneumatiky. Podle [13] dokonce každých 10 mm šířky pneu znamená zvýšení spotřeby o 0,1 l/100 km. Obdobné zvýšení uvádí také [15]. Jiní autoři uvádějí opak, že spotřebu zvýší menší šířka pneumatiky. Je třeba podotknout, že velikost součinitele valivého odporu daleko více ovlivňuje povrch, po kterém se pneumatika odvaluje, než šíře samotné pneumatiky. V měkkých terénech hraje roli spíše hloubka zaboření, na tvrdém povrchu určuje velikost součinitele valivého odporu tvar stopy [6]. Proto může být z hlediska velikosti spotřeby paliva použití užší pneumatiky v některých případech výhodnější než pneumatiky širší.

Zimní pneumatiky mohou mít díky hrubšímu dezénu a měkčí směsi vyšší odpor valení.

2.2.7 Konstrukce pohonu

Dnes převládá konstrukce pohonu tzv. motor vpředu, pohon vpředu, tím dochází k minimalizaci počtu prvků k přenosu energie a zároveň je to výhodné řešení z hlediska úspory hmotnosti. Rovnoměrnější přenos hnacích sil na vozovku u pohonu 4WD by měl zdánlivě spotřebu ovlivnit příznivě. Praxe je však taková, že dochází k navýšení hmotnosti a vnitřních odporů, tím i ke zvýšení momentu rotujících hmot. Proto motory těchto typů vozů mají zpravidla vyšší výkon, a nakonec je spotřeba vyšší než u konstrukce pohonu jedné nápravy.

2.2.8 Příslušenství

K chodu automobilu je třeba dalších pomocných zařízení, jejichž přítomnost lze obtížně nahradit méně náročnými energetickými prvky. Jedná se zejména o pohon ventilového rozvodu, pohon alternátoru, čerpadlo motorového oleje, posilovač řízení a pohon vstřikovací jednotky.

2.2.9 Přídavná zařízení

Obdobně jako pohonu všech čtyř kol, další přídavná zařízení jako jsou přídavné převodovky, kompresory, klimatizace, hydraulické systémy – to vše zvyšuje hmotnost vozidla a zároveň momenty setrvačnosti rotujících hmot.

2.2.10 Účinnost přenosu hnací síly

Výkon motoru je nutno převést na hnaná kola, při tom vždy dochází ke třecím ztrátám. Jejich velikost je závislá na toleranci vzájemně pohyblivých dílů, na kvalitě mazání těchto dílů, na počtu pohybových dvojic. Ztráty mohou činit až 15 % celkového výkonu [13].

2.2.11 Energetická náročnost elektrických zařízení

Automobil ke své činnosti potřebuje také elektrickou energii, kterou zpravidla obstarává alternátor. Ten je ovšem poháněn zprostředkovaně – motorem, čili je zdrojem dalších ztrát, ubírá na výkonu motoru. Čím více se odebírá proudu z palubní sítě automobilu, tím větší odpor klade alternátor – snižuje se krouticí moment motoru. Příručka k použití vozu Škoda Felicia uvádí, že při delším používání rozmrazování zadního okna může stoupnout spotřeba až o 0,5 l/100 km. Proto se dnes v konstruování elektrických zařízení přistupuje k využití polovodičových prvků (např. LED) s menší spotřebou oproti klasickým žárovkám. I energie odebraná v době stání vozidla se musí za jízdy doplnit ve formě dobíjení akumulátoru.

2.2.12 Přítomnost diagnostických zařízení

S rozvíjejícím technickým pokrokem v oblasti elektronického řízení a kontroly systémů automobilů se stále častěji objevují zařízení, která slouží ke kontrole spotřeby paliva. Jedná se o palubní počítače, ekonomery, tachografy. Také satelitní navigace může pomoci ke snížení spotřeby. Ať už volbou trasy, varováním před kolonami pomocí systému RDS – TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel), nebo prostým plánováním klidné jízdy díky zobrazovanému času dojezdu do cíle. Zrychlením jízdy při vyšších rychlostech nijak výrazně časová úspora nevzrůstá. V tabulce 2 je možné porovnat úsporu času na dráze dlouhé 100 km při změně rychlosti o 10 km/hod.

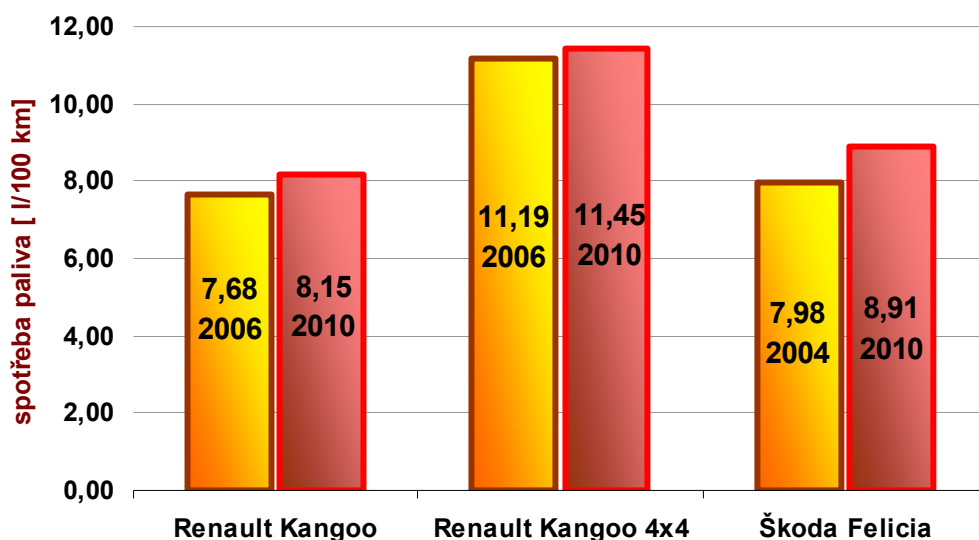
Rychlost [km/hod]		Potřebný čas na 100km [min]		[min]
původní	nová	původní	nový	rozdíl
40	50	150	120	30
60	70	100	85,7	14,3
80	90	75	66,7	8,3
100	110	60	54,5	5,5

Tabulka 2: Čas potřebný pro ujetí dráhy o délce 100 km

Dnes se již sériově vyrábějí automobily, které samy motor při delším stání vypnou (u železničních přejezdů, na křižovatkách, atpod.). Tento systém se nazývá Start/Stop. Ještě dokonalejší v tomto směru je systém ISG (Idle Stop and Go).

2.3 Vliv technického stavu vozidla

Na technický stav vozidla má největší vliv kvalita údržby. Technický stav vozidla se zpravidla se stářím vozidla zhoršuje, závislost spotřeby na technickém stavu (stáří vozidla) je patrná z grafu 6.



Graf 6: Závislost spotřeby paliva na stáří vozidla [zdroj: Česká pošta]

2.3.1 Motor

Opotřebením motoru se zhoršuje jeho účinnost, snižuje se kompresní poměr, klesá výkon a spotřeba paliva stoupá. Olejová náplň výrazně snižuje opotřebením motoru, zmenšuje třecí ztráty mezi pohyblivými částmi motoru. Olej navíc vyplavuje mikročástice materiálu z mezer mezi třecími plochami a pomáhá chladicí soustavě udržovat teplotní režim motoru v rovnováze. Také utěsňuje pracovní prostor motoru. Z těchto faktů vyplývá, že kvalita a množství oleje jsou důležitými faktory, které ovlivňují spotřebu paliva. Z hlediska technického stavu motoru je třeba dodržovat předepsané lhůty výměn olejové náplně a mezi nimi kontrolovat množství oleje v motoru.

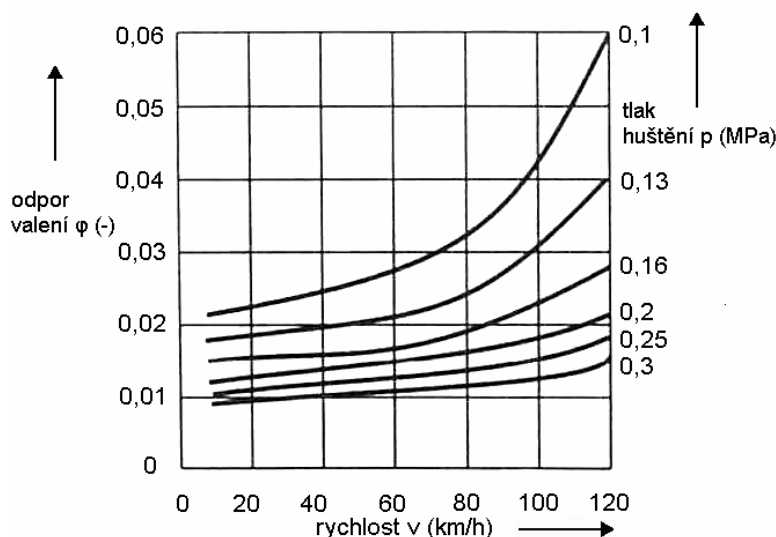
2.3.2 Chladicí soustava

Pro optimální chod motoru je potřebné co nejrychleji dosáhnout a nadále udržovat ideální provozní teplotu, a to ve všech jízdních režimech vozidla. Chladicí soustava má za úkol odvádět přebytečné teplo. Proto jakmile chladicí soustava nepracuje správně, má to přímý vliv na optimální teplotu motoru. Při dlouhodobě

podchlazeném motoru hrozí výrazný nárůst opotřebenění pístní skupiny (například při poškozeném termostatu), navíc řídicí jednotka zpravidla při nižších teplotách zvyšuje přísun paliva. Při provozu motoru v režimu nad teplotním optimem se díky snížení výkonu zhoršuje ekonomika provozu a opět hrozí nadměrné opotřebenění motoru.

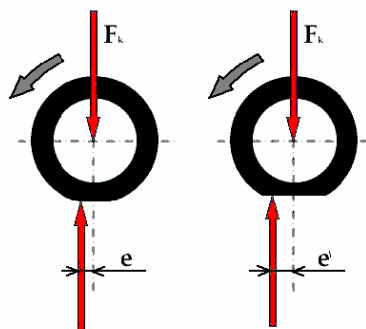
2.3.3 Pneumatiky

Správné huštění pneumatik výrazně ovlivňuje spotřebu paliva. Podle [15] pneu nahuštěná na 70 % předepsaného tlaku způsobí nárůst spotřeby až o 4 %. [13] uvádí při 10 % podhuštění zvýšenou spotřebu až o 0,5 l/100 km. Dodržování předepsaného tlaku v pneumatikách má výrazný vliv na spotřebu – graf 7.



Graf 7: Vliv tlaku huštění pneumatik na velikost valivého odporu [13]

Při podhuštění se rameno valivého odporu zvětší (viz obr. 2), tím se zvyšuje spotřeba, opotřebenění pneumatik a zhoršuje se komfort a bezpečnost jízdy. Naopak při přehuštění je sice odpor valení nižší, je to ale na úkor bezpečnosti provozu, komfortu jízdy a zvýšeného namáhání vozidla, což se může projevit na jeho životnosti [13].



Obr. 2: Vliv huštění pneu na velikost ramene valivého odporu [16]

Spotřebu ovlivní i geometrie náprav a jejich souosost, kdy se projeví v případě nesprávně nastavených sklonů pneumatik zvýšený valivý odpor.

2.3.4 Převodovka a spojka

Převodovka slouží k udržení otáček motoru v optimálních mezích během provozu vozidla v různých jízdních režimech. Proto její správná činnost (zejména stav a množství olejové náplně) má nepochybně vliv na spotřebu paliva. Spojka slouží k přerušení a obnově točivého momentu mezi motorem a převodovkou. Proto i mechanismus spojky je nutné udržovat v řádném stavu, neboť chybná činnost spojky přímo výrazně zvyšuje spotřebu (při prokluzující spojce) nebo poškozuje převodovku (při nedokonalém vypínání spojky).

2.3.5 Palivový, brzdový a výfukový systém

Netěsnosti palivového systému jednoznačně navýší spotřebu, navíc dochází k těžkému poškozování životního prostředí. Špatně seřízené brzdy (tedy stále přibrzďující) mohou být zdrojem trvalých třecích ztrát. Tato zmařená energie se proměňuje v nevyužitě teplo a mechanickou práci potřebnou k opotřebení brzdových elementů. Těsnost výfukové soustavy ovlivňuje kvalitu a rychlost vyprázdnění pracovního prostoru motoru od spálené směsi. To umožní kvalitní naplnění spalovacího prostoru novou směsí, což optimalizuje výkon, zároveň tedy i spotřebu paliva.

3 PROVOZNÍ VLIVY

V této kapitole jsou uvedeny faktory, které může člověk buď ovlivnit nepřímo nebo je nelze ovlivnit.

3.1 Vliv dopravní infrastruktury

Dopravní infrastrukturu lze definovat jako soubor dopravních cest, dopravních zařízení a dopravních prostředků. Výše její komplexní kvality, tj. poskytování maximálního výkonu, rychlosti, pohodlí při minimálních nárocích na energii a prostor a bez negativního vlivu na životní prostředí, mimo jiné ovlivňuje spotřebu všech vozidel, které do této infrastruktury spadají. Člověk tyto faktory může ovlivnit nepřímo, čili ne při samotném provozu vozidla, ale při projektování komunikací, křižovatek, obchvatů, tunelů, atd., souhrnně tedy dopravních staveb. Spotřebu ovlivní nejen povrch vozovky, který ovlivní valivý odpor, ale i stoupání, klesání, zatáčky, počty jízdnic pruhů a tvary křižovatek, které mají vliv na konstrukční rychlost vozovky a plynulost silniční dopravy.

3.1.1 Intenzita dopravy

Z hlediska teorie dopravy je intenzita definována jako počet vozidel, která se vyskytují během určité časové jednotky na zvoleném úseku komunikace. Tento parametr – intenzita dopravy – se projeví na rychlosti dopravního proudu, který se vyčísluje v km/hod a který přímo ovlivní spotřebu vozidel v daném úseku.

3.1.2 Organizace, řízení a skladba dopravy

V současných podmínkách provozu, kdy v ČR i celé Evropě dnes dochází ke snižování kapacity silniční infrastruktury, tím k růstu kongescí a ke snižování rychlosti a spolehlivosti silniční dopravy, je řízení a organizace dopravy nezbytnou nutností. Provozování silniční dopravy patří mezi státem regulované činnosti a z hlediska ekonomického je mocným nástrojem ke snižování spotřeby vozidel. Dopravní politika státu je souhrnem řídicích a regulačních zásahů státu do sféry dopravy, pomocí zákonných opatření pro účastníky silničního provozu, zejména zákonů 341/2002 Sb., 361/2000 Sb., 56/2001 Sb., a dále včetně předpisů EHK/OSN. Jedním z mnoha úkolů dopravní politiky České republiky je právě podpora snižování přepravní náročnosti zejména v nákladní dopravě.

Faktorů, ovlivňujících spotřebu paliva všech vozidel na pozemních komunikacích z hlediska řízení a organizace provozu, existuje celá řada. Jedná se zejména o:

- celodenní svícení vozidel (zák. č. 361/2000 Sb., § 32, odst.1) spotřebu zvyšuje
- časově omezený provoz některých vozidel (zák. č. 361/2000 Sb., § 43, odst.1 až 3) zvyšováním plynulosti provozu spotřebu snižuje
- povinnost používat zimní pneumatiky (novela zák. č. 202/2008 Sb., § 10, odst.2) spotřebu paliva zvyšují
- střídavé řazení do průběžného jízdnicí pruhy (zák. č. 361/2000 Sb., § 12, odst.5) zvyšováním plynulosti provozu spotřebu snižuje.

K dalším faktorům v oblasti organizace a regulace dopravy patří:

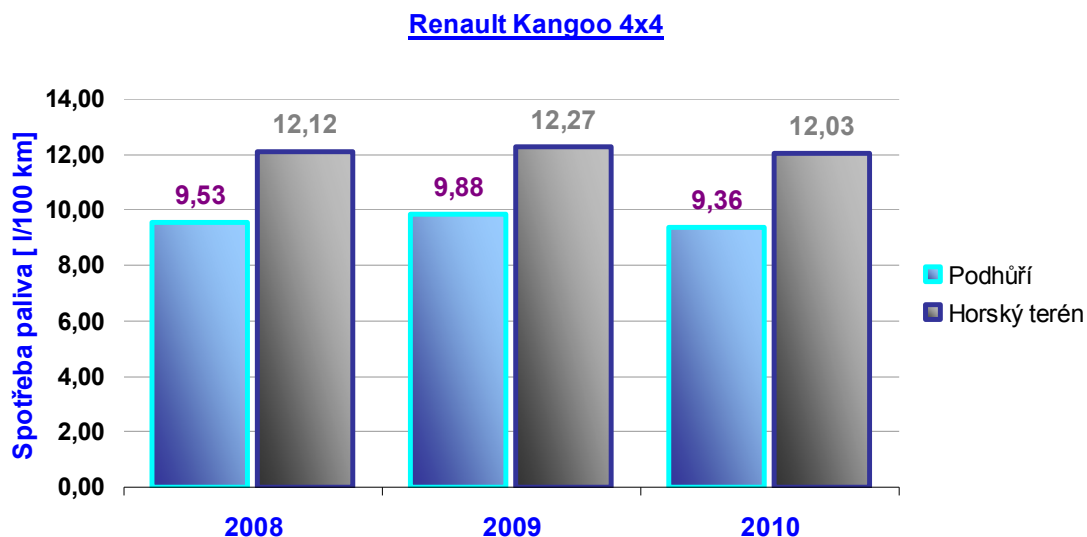
- zavedení jednosměrných režimů, pěších zón, zákazů stání a zastavení vozidel, omezení křižovatkových pohybů (vyloučení levého odbočení) a zřizování vyhrazených komunikací a jízdnicí pruhy – kvalita dopravy v pohybu ve městech
- parkování a odstavování vozidel, tj. kvalita dopravy v klidu
- odvedení dálkové a tranzitní dopravy mimo zastavěná území měst
- organizovaný vstup dopravy do města.

Vzniku kongescí se dá předejít nebo snížit jejich fatální vliv na plynulost provozu vhodným dopravním značením, použitím a optimalizací cyklů světelného signalizačního zařízení nebo i ručním řízením křižovatek policistami.

Neméně důležitý z hlediska spotřeby pohonných hmot je rozvoj a zavádění moderních systémů řízení dopravy reagujících na aktuální dopravní situaci (tzv. telematických systémů) a realizace cílů projektu JSDI – (Jednotný systém dopravních informací) [17].

3.1.3 Výškové vedení

Na výškovém vedení komunikace se výrazně projeví odpor stoupání, definovaný v kap. 2.1.

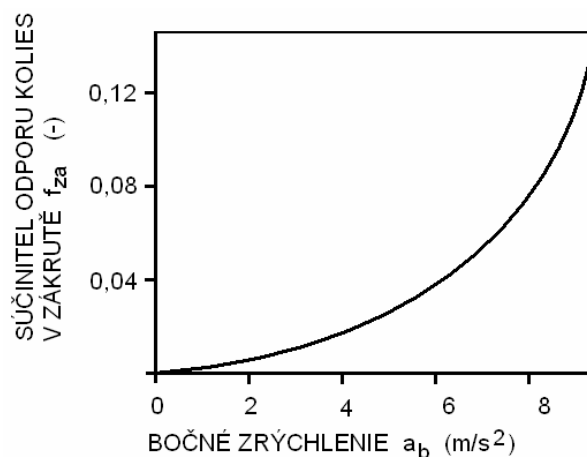


Graf 8: Porovnání spotřeby podle výškového profilu trasy [zdroj: Česká pošta]

Možné navýšení spotřeby ukazuje graf 8, kde jsou porovnána dvě vozidla shodného typu. Jedno je nasazeno v horském terénu (oblast Šumavy), druhé v podhůří, v rovinatějším terénu.

3.1.4 Směrové vedení

Délka oblouků komunikace a jejich poloměr jsou příčinou zpomalování dopravního proudu, zvyšuje se jízdní odpor zrychlení, spotřeba narůstá. Zároveň se díky bočnímu zrychlení zvyšuje odpor valení – znázorněno na grafu 9. Náklony vozidla vznikající odstředivými silami mají za následek ztráty kinetické energie vozidla, která se mění v energii potřebnou k deformaci pružin pérování a k pohybu tlumících prvků (silentbloky, tlumiče pérování, atd.).



Graf 9: Závislost valivého odporu na bočním zrychlení [18]

3.1.5 Návrhová rychlost, šířka komunikace

Návrhová rychlost komunikace je určena podle jejího charakteru zákonem č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů, stejně jako její šířka. Tyto parametry ovlivňují rychlost vozidel. Při menší šířce komunikace jsou vozidla nucena k pomalejší jízdě z hlediska bezpečnosti, což zpravidla zvýší spotřebu pohonných hmot. Také každý řidič má tendenci na širší komunikaci zrychlit, na užší naopak zpomalovat. Je to psychologický efekt jízdy v úzkém jízdním pruhu.

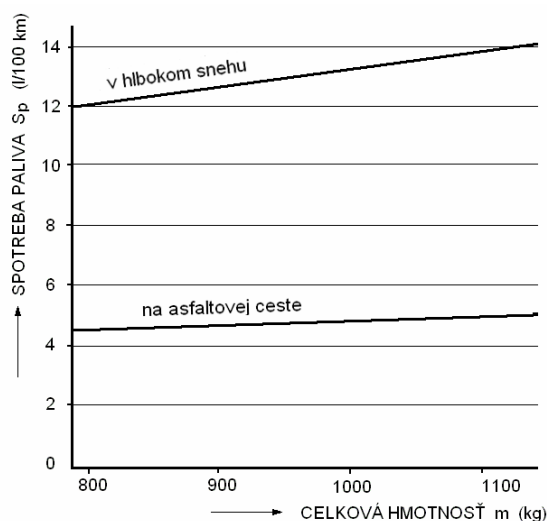
3.1.6 Tvar křižovatek a počet jízdních pruhů

Volba tvaru a uspořádání křižovatek spolu s návrhem počtu jízdních pruhů ovlivňuje plynulost dopravy, která má přímý vliv na spotřebu. Při porovnání křižovatky klasické s kruhovým objezdem lze použít veličinu akcelerační šum, tj. míru změn rychlosti (také stálost pohybu dopravního proudu). U křižovatky klasické se jednotlivé větve v průjezdu musí střídat, dochází k zastavování vozidel, při silnějším provozu pak i ke tvoření kongescí. Naproti tomu u kruhového objezdu díky jednoduchosti projíždění se zpravidla uvádí vyšší propustnost dopravy.

3.1.7 Povrch vozovky

Valivý odpor při jízdě v písku či hlubokém sněhu bude mnohonásobně vyšší, než odpor valení při jízdě po hladkém asfaltu. Zvýšení spotřeby vlivem valivého odporu je patrné z grafu 10. [18] porovnává automobil jedoucí po asfaltové vozovce

rychlostí 90 km/h (5. převodový stupeň) oproti jízdě v hlubokém sněhu rychlostí 30 km/h (2. převodový stupeň).



Graf 10: Závislost spotřeby na hmotnosti vozidla a povrchu vozovky [18]

Valivý odpor pneumatiky ovlivní nejen různá kvalita povrchu vozovky (asfalt, beton, panely, štěrk, kamenitý povrch), ale i samotná čistota povrchu. Výši spotřeby mohou tedy také ovlivnit instituce, které zodpovídají za čistotu vozovek (úklid sněhu, úklid posypových materiálů po zimě, atd.).

3.2 Meteorologické vlivy

Na spotřebu pohonných hmot mají vliv následující meteorologické jevy: vítr, srážky, dohlednost, vlhkost, teplota a tlak vzduchu [19].

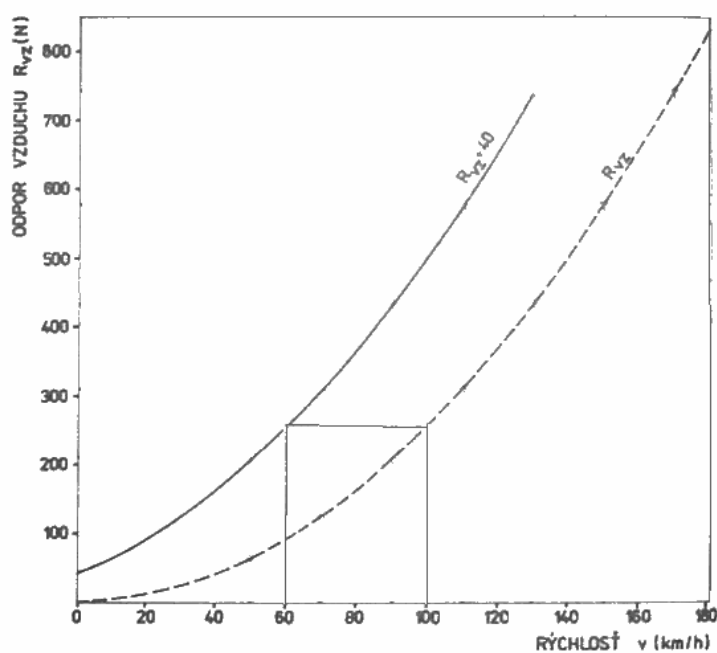
3.2.1 Vítr

Meteorologická definice: Rychlost a směr větru – je meteorologický prvek popisující pohyb (proudění) vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku vzhledem k zemskému povrchu.

Rychlost a směr větru jsou jedním z neovlivnitelných faktorů, které mají největší vliv na spotřebu. Rychlost a směr větru přímo ovlivňuje vzdušný odpor dle vztahu (2). Veličina v [ms^{-1}] je definována jako rychlost náporu vzduchu. Rychlost náporu vzduchu je dána součtem rychlosti vozidla a rychlosti větru. Rychlost větru je třeba

uvažovat v kladném smyslu (v případě, že vítr vane ve směru proti pohybu vozidla – protivítr) nebo v záporném smyslu (v případě, že směr větru je shodný se směrem pohybu vozidla). V druhém případě může dojít k určitému extrému, kdy vzdušný odpor O_{va} může vyjít menší než nula. V tomto případě nastává paradox, kdy je vozidlo větrem poháněno.

Na grafu 11 je dobře patrný rozdíl odporu vzduchu vozidla jedoucího při bezvětří, kdy rychlost náporu vzduchu je rovna rychlosti vozidla (křivka RVZ = 40) oproti vozidlu, které jede proti větru o rychlosti 40 km/h; výsledná rychlost náporu vzduchu je tedy o 40 km/h vyšší než rychlost samotného vozu (křivka – RVZ).



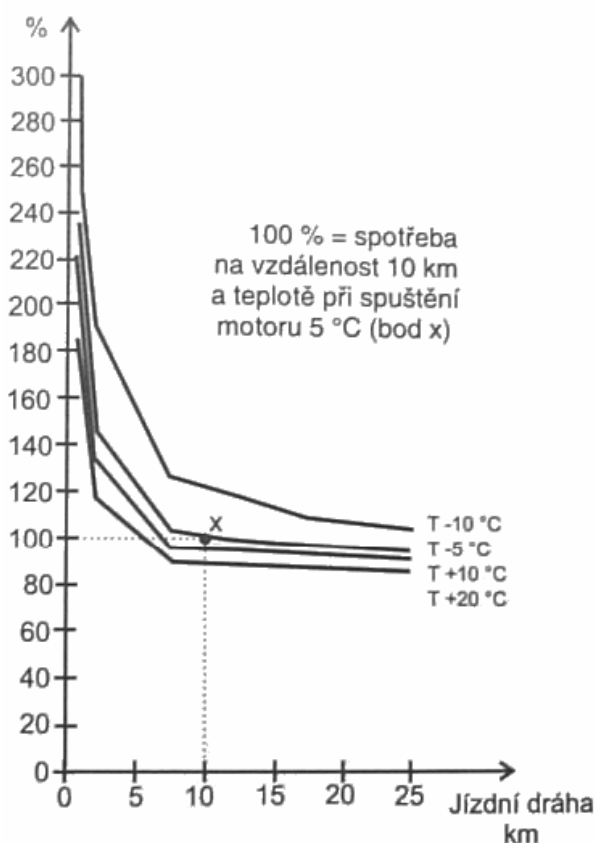
Graf 11: Závislost odporu vzduchu na rychlosti větru [18]

Někdy se uvádí, že při rychlosti náporu vzduchu nad 75 km/hod se až polovina energie vydávané motorem spotřebuje na překonání vzdušného odporu.

Boční vítr způsobuje nesymetrické proudění okolo vozidla, zvyšuje vzdušný odpor, tedy i spotřebu paliva. Navíc vyvolává nežádoucí vybočování vozu v příčném směru. Může tím vzrůst valivý odpor pneu, opět je zde nárůst spotřeby.

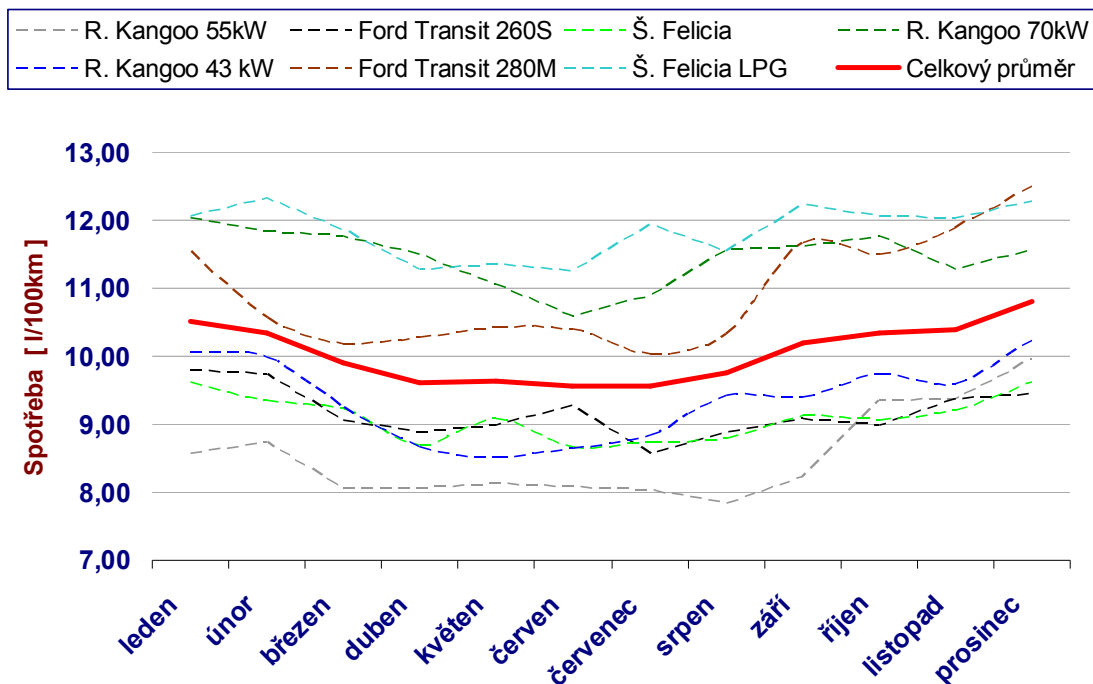
3.2.2 Teplota vzduchu

Teplota okolního prostředí má vliv na dobu, za kterou se motor dostane do optimálního (tedy nejúspornějšího) režimu. Z hlediska spotřeby paliva má vliv nejen denní doba, ale i roční období. Závislost výše spotřeby paliva na ujeté dráze vozidla při různých teplotách vzduchu znázorňuje graf 12. Teploty pod bodem mrazu prodlužují dobu prohřátí motoru, navíc řidič zpravidla odebírá teplo (potřebné pro ohřátí motoru) do kabiny vozidla – topením. Tím se doba potřebná k zahřátí motoru prodlužuje.



Graf 12: Závislost spotřeby na teplotě motoru při startu [13]

Vliv ročního období je znázorněn na grafu 13. S poklesem teploty při změnách ročních období se navíc postupně zvyšuje hustota vzduchu, vozidlo musí překonávat větší vzdušný odpor, spotřeba paliva díky tomu vzrůstá.



Graf 13: Závislost spotřeby paliva na ročním období [zdroj: Česká pošta]

3.2.3 Vlhkost a tlak vzduchu

Koncentrace kyslíku a vlhkost vzduchu má přímý vliv na kvalitu spalování v motoru. Kyslík hoření podporuje, v ideálním případě dochází k bezztrátovému hoření. Vyšší vlhkost vzduchu snižuje možnost vzniku detonačního spalování paliva, které je nežádoucí z hlediska konstrukčního opotřebení i ekonomiky provozu, tedy spotřeby paliva.

Výkon spalovacích pístových motorů záleží mimo jiné na tom, kolik směsi vzduchu s palivem se podaří do spalovacího prostoru dostat. Klesající barometrický tlak může ovlivnit dosažení správného kompresního poměru, tím dochází ke snížení účinnosti motoru.

3.2.4 Dohlednost

Dohlednost ovlivňuje mnoho dalších faktorů řidičem neovlivnitelných. Jsou to např. denní doba, intenzita a úhel slunečního svitu, mlhy, průmyslové kouřmo,

srážky, zákaly, zvíření sněhu nebo písku. Snížená dohlednost může značně ovlivnit styl jízdy, dochází ke zvyšování spotřeby paliva.

3.2.5 Srážky

Meteorologická definice: Srážky jsou vodní kapky, nebo ledové částice vzniklé následkem kondenzace nebo desublimace vodní páry v ovzduší. Důsledkem srážek je snížená dohlednost, potažmo rychlost vozidla či dopravního proudu. V případě silných dešťových nebo sněhových srážek dochází též díky hromadění vody nebo sněhu na vozovce k rapidnímu zvýšení valivého odporu pneumatik O_{fk} – pojednáno v kap. 2.

3.3 Kvalita paliva

Kvalitu paliva může ovlivnit celá řada vlivů počínajících výhřevností a hustotou právě spotřebovávané náplně paliva. Hustota je dána obsahem aromátů, ovlivňuje výhřevnost paliva (souvisí s typem uhlovodíků). Hustota benzínu se může měnit až o 7 %; množství energie v objemové jednotce ještě více, podle obsahu kyslíku. Využití energie ovlivňuje i skutečné oktanové číslo spalované náplně paliva, takže v součtu může být kolísání téměř o 10% [7].

Vstříkovací systémy pracují objemově – množství vstříknutého paliva roste s jeho měrnou hmotností. Zvýšením hustoty o 0,01 g na 1 ml motorové nafty vzroste výkon motoru o 0,4 až 1,6% – spotřeba paliva klesá. Cetanové číslo u motorové nafty (ČSN EN 590) určuje schopnost vznícení nafty. Palivo s vyšším cetanovým číslem se vznítí snáze, postačí i menší startovací otáčky. Při použití paliva s velmi nízkým cetanovým číslem dochází k nedokonalému spálení paliva a tím ke zvýšení spotřeby.

U benzínu se se používá oktanové číslo. Určuje antidetonační vlastnosti paliva a je dáno objemovým procentem izooktanu. Každý motor má v závislosti na kompresním poměru stanoven tzv. oktanový nárok, který je definován jako minimální hodnota oktanového čísla paliva, při které ještě nedochází k detonačnímu spalování (explozivní samovznícení zbytků nespálené směsi). Při spalování paliva s nižším oktanovým číslem tedy dochází k detonačním procesům, které zvyšují spotřebu nejen přímo, (nedokonalostí spalování = nižší účinností motoru)

ale i nepřímo, nadměrným opotřebením pístní skupiny, opět se zhoršuje účinnost motoru.

Výrobci paliv používají nejmodernější technologie a dosažení vlastností vyrobeného paliva požadovaných normou je systematicky kontrolováno. V okamžiku expedice z rafinerie splňují paliva jakostní požadavky norem více než stoprocentně [20].

Poškození kvality paliv lze rozdělit na:

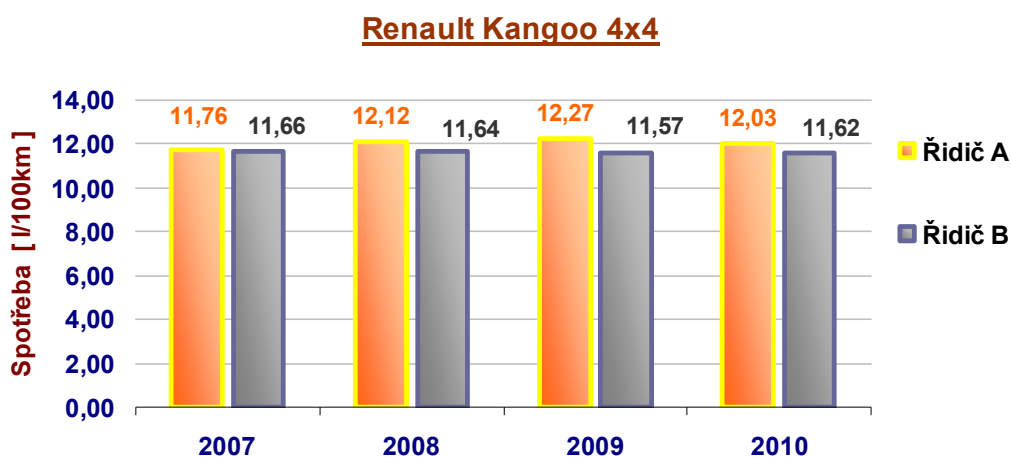
- nezáměrné poškození, které vzniká při manipulacích – týká se skladování a dopravy. Hlavními důvody těchto poškození jsou netěsnosti ventilů, střídání dopravních potrubí, komor a nádrží cisternových automobilů pro střídavé skladování a přepravy různých paliv. Důsledkem bývá buď snížení mazacích schopností nafty, snížení bodu vzplanutí motorové nafty pod 55 °C, nebo naopak u benzinů zvýšení konce destilace benzinu nad 210 °C
- záměrné poškození kvality paliva nastavováním (pančováním) spočívá v přimíchávání složky, která je sice běžně v palivu obsažena, ale v limitované koncentraci, která se tím zvýší nad přípustnou mez.

4 VLIV ŘIDIČE

Řidičovo chování ovlivňuje spotřebu v několika směrech [15]:

- know-how – neznalost vozidla, obsluhy, špatné využívání vlastností vozidla zvýší spotřebu až o 15%
- spokojenost – horší zacházení s vozidlem – navýšení až o 15%
- jízdní chování – nevyužívání defenzivního stylu jízdy zvýší spotřebu až o 15%
- rychlost jízdy – jízda vysokou rychlostí, předjíždění; spotřeba paliva roste s rychlostí.

V součtu by tedy bylo možné zvýšení spotřeby až o 45 % [15]. Oproti tomu [8] uvádí možné navýšení vlivem řidiče 20 – 25 % u vznětových motorů a 25 – 30 % u motorů zážehových. Nejvyšší hodnoty se uvádí 30 – 50 % [13]. Na grafu 14 je dobře patrný rozdíl v přístupu dvou řidičů k ekonomické jízdě. Každý z nich má přidělené své vozidlo (stejného typu a roku výroby), měsíčně se řidiči střídají na doručovacím okrsku, přesto má řidič A neustále poměrně vyšší spotřebu.



Graf 14: Závislost spotřeby na lidském faktoru – řidiči [zdroj: Česká pošta]

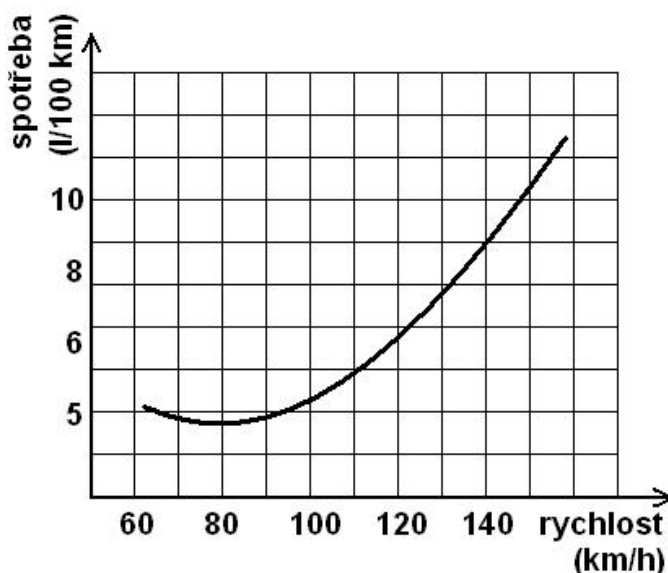
Vedení evidence spotřeby může mít vliv na její výši nejen u organizací, kde se úspora násobí počtem vozidel, ale i u soukromého vozidla. Evidence nákladů za pohonné hmoty navíc zviditelní skutečné náklady.

4.1 Faktory řidičem ovlivnitelné

Jedná se o tzv. vědomé chování řidiče. Základním předpokladem hospodárné jízdy je zájem řidiče jezdit úsporně, v případě firemních vozidel může finanční motivace zaměstnavatele vést k úsporám paliva.

4.1.1 Technika jízdy

Na výši spotřeby pohonných hmot má vliv rychlost pohybu vozidla. Jak je vidět na grafu 15, se zvyšující rychlostí se zvyšuje i spotřeba. Výjimkou může být rychlost pod 60 km/hod., když motor již nepracuje v ideálním režimu (při zařazeném nejvyšším převodovém stupni). Údaje na osách jsou informativní, důležitý je tvar křivky.



Graf 15: Závislost spotřeby paliva na rychlosti pohybu vozidla [13]

Spotřeba se zvyšuje také při rychlém projíždění zatáček, kde dochází díky zvýšení úhlu směrové úchylnosti k většímu odporu valení a větším tepelným ztrátám zahříváním pneu oproti jízdě v přímém směru. Proto i ideální stopa při průjezdu zatáčkou (zvětšení poloměru dráhy) může být zdrojem úspor.

Vyšší spotřebu zapříčiňuje přidávání plynu před rozjezdem, neodůvodněné používání tzv. meziplynu, provoz motoru na volnoběh (např. v kolonách) a intenzivní rozjezdy vozidla.

Pro snížení spotřeby paliva je vhodné jezdit defenzivním stylem jízdy. Prvořadým významem tohoto stylu jízdy je hledisko bezpečnosti provozu, svou roli však defenzivní jízda může sehrát i při snižování spotřeby paliva. Defenzivní jízda je taková, při níž se řidič snaží udělat maximum, aby se do krizové situace nedostal a nemusel ji vůbec řešit. Snahou je co nejvíce předvídat a analyzovat aktuální situaci s ohledem na maximální bezpečnost.

4.1.2 Plynulá jízda

Výhody plynulé jízdy – tedy jízdy bez zbytečných zastávek, změn rychlosti a směru jízdy – spočívají v tom, že řidič udržuje rychlost vozidla v mezích daných podmínkami provozu tak, že energie dodávaná motorem se spotřebovává jen na udržení vozidla v rovnoměrném pohybu. Při brzdění vozidla se pohybová energie pracně získaná spálením paliva mění na energii tepelnou, případně na energii nutnou k opotřebení elementů vozu. Proto se plynulá jízda někdy definuje jako taková jízda, kdy se používají brzdy minimálně, ovšem při bezpečném ovládní vozu a dodržení pravidel silničního provozu.

Každé vozidlo má ideální rychlost, kdy je spotřeba paliva nejnižší. Někdy se tato rychlost definuje jako 0,6 až 0,7 násobek maximální konstrukční rychlosti. Podle [21] se konkrétní údaje liší typem a provozními podmínkami, ale úsporná rychlost je obecně mezi 65 – 95 km/h. Při jízdě po rovině je z hlediska spotřeby optimální použít nejvyšší převodový stupeň a co nejnižší otáčky motoru.

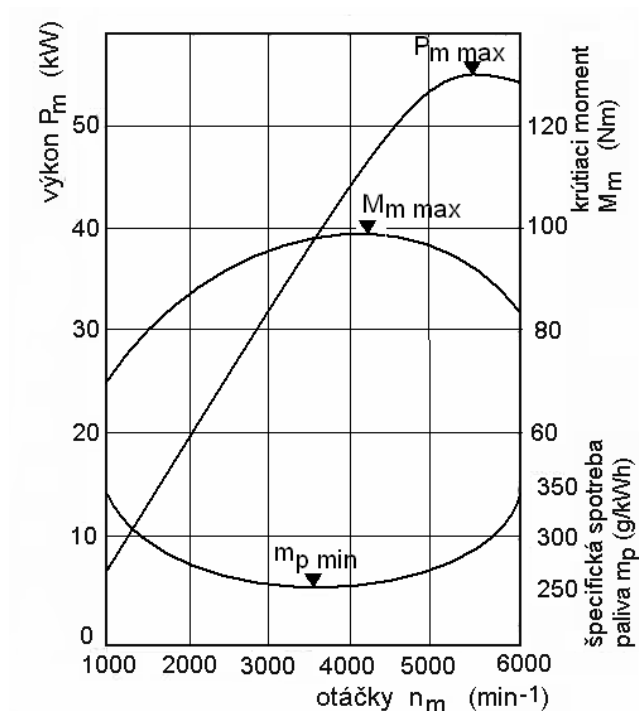
Pro plynulou jízdu je potřebná předvídavost. Každé sešlápnutí brzdového pedálu je „zmaření“ kinetické energie automobilu.

4.1.3 Předvídání

Předvídavost je schopnost řidiče správně a včas odhadnout vývoj budoucí dopravní situace. Předvídavost a rozhodování řidiče při řízení je z velké míry ovlivňováno nejen jeho osobností, charakterem a typickým způsobem jednání, ale také znalostí a dřívější zkušeností. Výzkumy je potvrzeno, že v náročných situacích funguje předvídavost velmi dobře [22].

4.1.4 Včasné řazení

Řazení ve správný okamžik je podmínkou pro udržení otáček motoru v optimálním rozmezí, kdy je ideální chod motoru, tedy i nejnižší spotřeba paliva. Se včasným řazením řidiči pomáhá jeho sluch, z přístrojů pak otáčkoměr. Platí, že čím vyšší otáčky, tím vyšší spotřeba a čím vyšší rychlostní stupeň, tím nižší spotřeba. Není tedy vhodné „vytáčet“ motor do vysokých otáček, ale včas zařadit vyšší rychlostní stupeň. Optimální otáčky lze zjistit z grafu otáčkové charakteristiky motoru; z grafu 16 je možné odečíst konkrétní údaje – 3500 až 4000 ot/min.



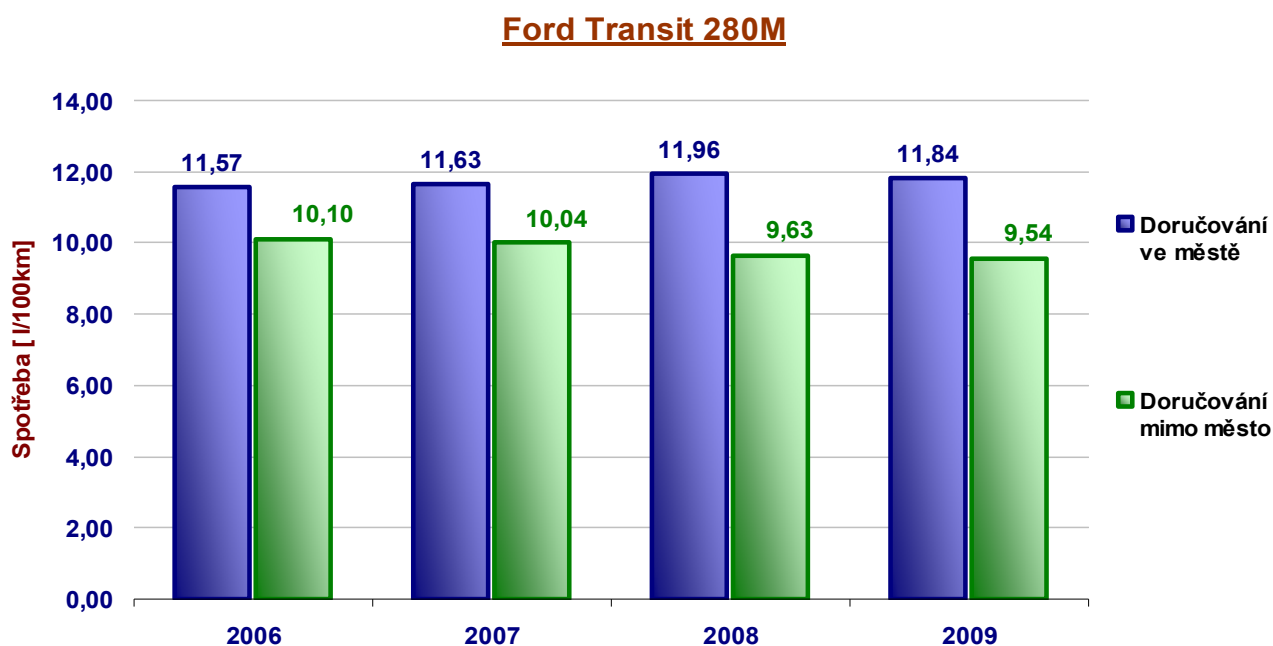
Graf 16: Otáčková charakteristika motoru [13]

Horní hranice hospodárneho provozu by se podle [15] měla pohybovat mezi 2/3 až 3/4 maximálních otáček. Tento otáčkový režim by měl řidič dodržovat při využívání všech převodových stupňů. Ideálním stavem je co nejvíce jízdního času jet na nejvyšší možný rychlostní stupeň, ale při zachování optimálních otáček motoru.

4.1.5 Volba a znalost trasy

Z hlediska spotřeby je výhodnější vybrat trasy jízdy mimo velká města, po hlavních silnicích s hladkým povrchem, kde se dá bez obtíží značná část dráhy absolvovat se zařazeným nejvyšším převodovým stupněm. Obdobně jako se energie v brzdách mění v neužitečné teplo, v pružinách a tlumičích pérování vozu se mění v energii potřebnou k deformaci těchto prvků. Vedlejší silnice s horší kvalitou povrchu, nerovnostmi a zatáčkami mohou způsobit navýšení spotřeby i v případě kratší trasy ve srovnání s rovnou a rychlou silnicí vyšší třídy.

Jestliže řidič pojedje po známé trase, může tuto znalost využít ve prospěch snížené spotřeby, protože ví, kde je nutno zpomalit, jak pokračuje cesta za zatáčkou, za horizontem, atpod. Při jízdě po neznámé trase a jízdou v noci se dá předpokládat navýšení spotřeby paliva. U vozidel, která plní úkoly rozvozu – v tzv. režimu jízdy „stop-and-go“ – obzvláště v městském provozu, má velký vliv četnost zastávek. Na grafu 17 je znázorněna závislost průměrné spotřeby dvou vozidel Ford Transit v různých podmínkách provozu – město a mimo město.



Graf 17: Závislost spotřeby na četnosti zastávek [zdroj: Česká pošta]

4.1.6 Volba doby výjezdu

Pokud není řidič časově vázán, může ovlivnit spotřebu paliva odložením jízdy na dobu příznivější ekonomickému provozu. Jde zejména o jízdy:

1. v hustém provozu – pátek, neděle (dopravní špičky)
2. v noci nebo za mlhy (snížená dohlednost)
3. v hustém dešti, ve sněhu a na náledí (snížená ovladatelnost, prokluz kol, zvýšený valivý odpor)
4. za silného větru.

4.1.7 Hmotnost vozidla

Obzvláště v městském provozu se dá snížit spotřeba vozidla snížením jeho hmotnosti. Není třeba čerpat palivovou nádrž do maxima, v zavazadlovém prostoru vozit nepotřebné předměty, mít bezdůvodně nainstalovaný střešní nosič. Někdy se uvádí, že 100 kg nákladu může navýšit spotřebu až o 0,5 l/100 km [13].

4.1.8 Způsob zastavování a parkování

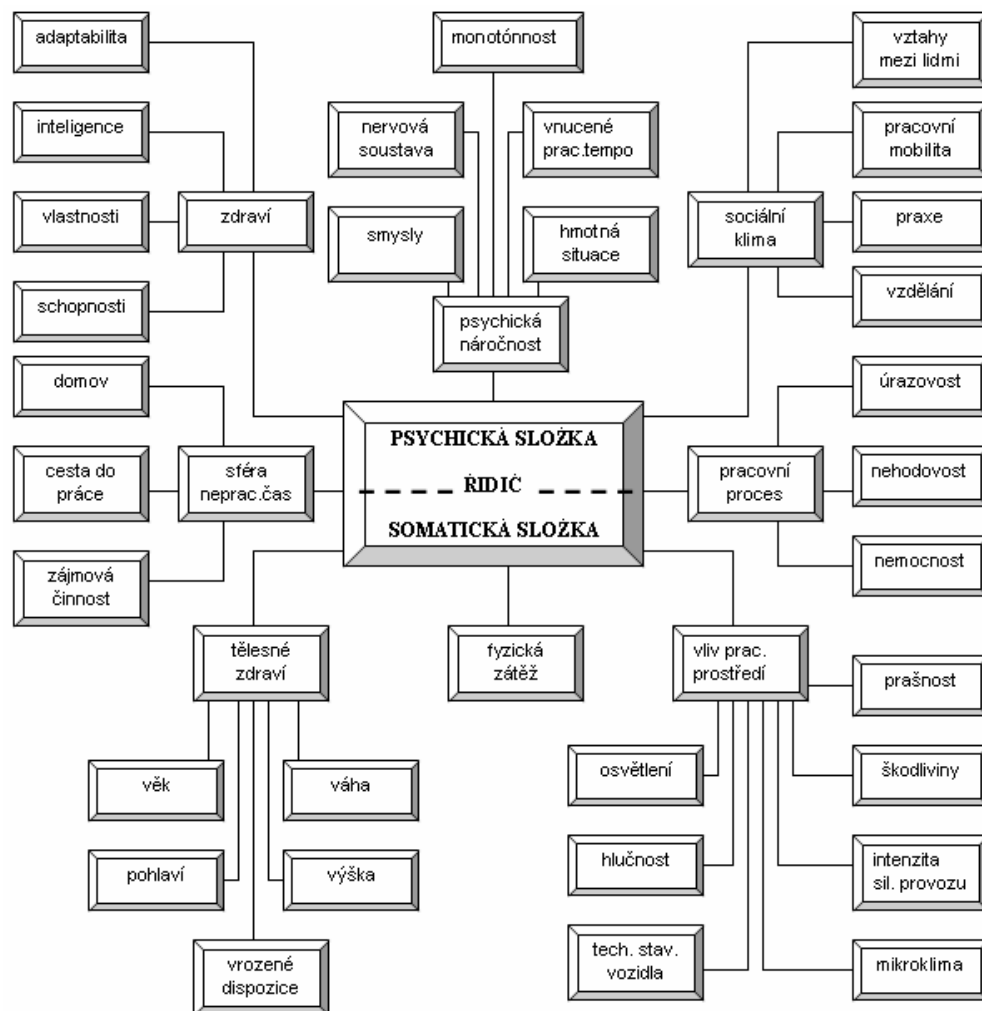
Tento faktor se projeví při zastavování a parkování ve svahu nebo při parkování s obtížnějším manévrováním. Souvisí se startováním studeného motoru, kdy při snadném a rychlém vyjetí – pokud možno ze svahu – řidič nenamáhá neprohřátý motor jízdou do svahu nebo složitějším manévrováním. Zvláště při velkém množství zastávek ve svahu nebo každodenním parkování v takových podmínkách nabývá tento vliv na významu.

4.2 Vlivy řidičem částečně ovlivnitelné nebo neovlivnitelné

Na styl jízdy každého řidiče má vliv jeho temperament, osobnost a inteligence. Temperament je základem utváření osobnosti. Psychologie rozlišuje čtyři základní typy temperamentu. Každému z těchto typů je vlastní jiné chování: cholerik je impulzivní, prudký, výbušný, flegmatik je klidný a odolný vůči stresu, sangvinik je energický, společenský a emocionálně vyrovnaný, a melancholici jsou lidé málo odolní vůči změnám, citliví a nesmělí.

Intelligence je schopnost přizpůsobovat se trvale se měnícím okolním podmínkám, v tomto případě situaci v silničním provozu. Inteligentní člověk dokáže využívat předchozích zkušeností a účinně kontrolovat kognitivní procesy, tedy pozornost, vnímání a zpracovávání informací. Osobnost je tím, co jednotlivce odlišuje od ostatních lidí, co rozhoduje o individualitě. Chování za volantem ovlivňuje vztah řidiče ke své osobě a k ostatním účastníkům provozu, morální vlastnosti řidiče, dále pak únava, stres a vnější činitelé.

Na řidiče působí celá řada duševních i fyzických faktorů, znázorněných na obr. 3, souhrnně nazývaných psychosomatické vlivy. Ty se mohou vzájemně ovlivňovat nebo podněcovat a mají velký vliv na kvalitu jízdní pohody, tedy i na styl jízdy řidiče.



Obr. 3: Souhrnné schéma psychosomatických vlivů [23]

Jízda v dopravním provozu představuje nepřetržitý proces změn, na které nepřetržitě psychosomatika řidiče odpovídá [24]. Nejčastější jevy při poruchách či nerovnováze psychosomatických vlivů jsou stres a únava.

4.2.1 Stres

Příčina stresu se nazývá stresor. Stres narušuje psychickou rovnováhu řidiče a vyvolává nežádoucí změny v chování, které se mohou projevit stylem jízdy a tím přímo ovlivnit výši spotřeby paliva. Mezi hlavní stresory – spouštěče stresu – při řízení motorových vozidel patří:

1. časový tlak na dojezd, neprůjezdnost trasy
2. účast na dopravní nehodě, sankce při silniční kontrole
3. chování ostatních účastníků provozu, rizikové situace
4. technická závada na vozidle
5. tlak zaměstnavatele.

4.2.2 Únava

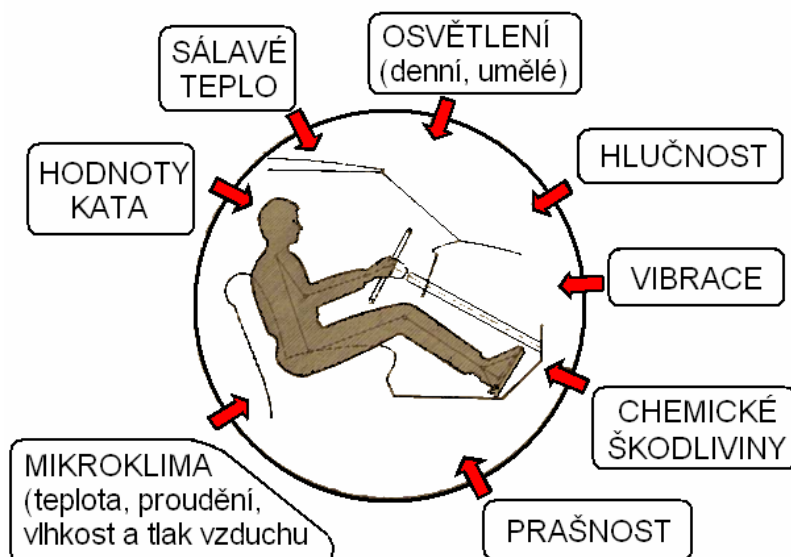
Únava při řízení vozidla je pokles schopnosti k řízení vozidla, a to po více či méně dlouhodobé jízdě. Únava se obvykle dělí na tři druhy:

1. Nutná (přirozená) – následky zmizí do druhého dne
2. Zbytečná – vzniká ze špatných podmínek, zpravidla ergonomických. Pokud jsou podmínky změněny k lepšímu, únava nenastane nebo pomine.
3. Škodlivá – její důsledky nezmizí do druhého dne, stává se chronickou.

Vlivy podporující vznik únavy: podmínky dopravy (hustota provozu, kvalita dopravního značení, náročnost jízdní trasy, atpod.), dovednost v řízení, věk, okamžitá fyzická kondice, vlastnosti osobnosti řidiče a podmínky ve vozidle.

4.2.3 Vnější činitelé

Podmínky, které působí na řidiče během řízení vozidla jsou schematicky znázorněny na obr. 4. Negativním působením těchto faktorů může dojít ke zrychlení nástupu únavy a snížení pozornosti. Tyto stavy jsou nežádoucí nejen z hlediska bezpečnosti silničního provozu, nýbrž mohou mít vliv na styl jízdy, tedy i na spotřebu paliva.



Obr. 4. Schéma vlivu prostředí působícího na řidiče [23]

Řidič je vystavován za jízdy vibracím a otřesům, které mohou různým způsobem ovlivňovat organické funkce a také způsobovat zdravotní poškození. Může docházet k vynucenému kmitání některých částí organismu [5]. Otřesy mají podobně škodlivé účinky na člověka jako hluk.

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout všechny faktory, které se podílejí na výši spotřeby pohonných hmot silničních motorových vozidel. Ať se jedná o faktory přímé, tedy ovlivnitelné přímo řidičem, faktory nepřímo ovlivnitelné (např. konstrukcí vozovky, stylem řízení provozu, aj.), nebo i faktory neovlivnitelné, kam patří převážně vlivy meteorologické a náhodné. Tématika spotřeby vozidel, ač se dotýká každého řidiče i společnosti jako celku, je hojně diskutovaná v odborných časopisech i na internetu. Přesto je obtížné nalézt zdroj, který by komplexně shrnoval všechny faktory, ovlivňující spotřebu motorových vozidel. Proto bylo cílem této práce přispět k dané problematice analýzou současného stavu jak v obecné rovině, tak konkrétně na vybraném úseku provozu motorových vozidel České pošty, s.p.

Podle statistických údajů použitých v této práci vyplývají možné rezervy v úsporách paliv :

- 5 – 10 % může ovlivnit technický stav vozidel
- nejméně 4 – 7 % může ovlivnit styl jízdy řidiče.

Navrhované trendy ve snižování spotřeby paliva v jednotlivých oblastech:

- Celospolečenská sféra - dopravní výchova řidičů, chování v provozu
- Sféra firemní strategie - hmotná zainteresovanost řidičů firemních vozidel, udržování vozidel v dobrém technickém stavu a pružná obnova vozového parku.
- Sféra vývoje a konstrukce - zavádění inteligentních telematických systémů v dopravě, vývoj a praktické uplatnění nových elektronických systémů automobilů, jako jsou například systémy ISG, MDS, ADA, TPC, atd., snižování celkové hmotnosti automobilů, nové technologie spalování, přípravy paliva, vývoj a zavedení nových konstrukčních uspořádání motoru a budování moderní dopravní infrastruktury.

Vývojový trend dopravy jasně vykazuje stabilní nárůst, v nákladní dopravě dochází k navyšování dopravních výkonů. Protože ekonomika provozu motorových vozidel je dána právě především spotřebou pohonných hmot, je snižování spotřeby jedním z nejdůležitějších úkolů. Celospolečenským přínosem úspor pohonných hmot je pak nejen snížení hluku a exhalací, ale i konečných cen veškerého zboží. To se pak odráží v celkové ekonomice jednotlivých států, celého světa.

Evropská unie podporuje mj. zavádění ITS (Intelligent Transport Systems). Využívání těchto systémů je (za podpory dopravní politiky státu) jednou z možností zvyšování efektivity dopravy – souvisí s rozvojem navigačních systémů, systémů přenosu dat a spojení s vozidly. Dopravní telematika integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních souvisejících oborů (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství, atd.) tak, aby pro stávající infrastrukturu zajistily systémy řízení dopravních a přepravních procesů. Zvýší se tím přepravní výkony, bezpečnost a komfort dopravy a sníží se spotřeba pohonných hmot.

Snižování spotřeby je tedy jedním z nástrojů ke snižování ekonomické náročnosti dopravy.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. *Auto OICA » Auto Jobs*. [on line]. c2007, [cit. 4. 5. 2010]. <<http://oica.net/category/economic-contributions/auto-jobs/>>

[2] Wikipedie. *Automobilový průmysl* [on line]. 18. 11. 2010, [cit. 5. 12. 2010]. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl>

[3] ŘEZNÍČEK, Bohumil, – KOUSAL, Milan. *Životné prostredie a doprava*. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1986. 176 s. ISBN 63-031-86

[4] US Environmental Agency. *Office of Air and Radiation* [on line]. 25. 7. 2006, [cit 7. 12. 2009]. <<http://www.epa.gov/oar/>>

[5] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. 434 s. ISBN 80-238-5273-6

[6] VALA, Miroslav, – TESAŘ, Miroslav. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. 1. vydání. Pardubice: Unverzita Pardubice, 2003. 229 s. ISBN 80-7194-503-X

[7] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing a.s., 2005. 228 s. ISBN 80-247-0350-5

[8] GONDŽÁR, Alexander, – GONDŽÁR, Karel. *Automobily a spotřeba paliva*. Praha: NADAS, Knihnice silniční a městské dopravy. 1990. 284 s. ISBN 80-7030-085-X

[9] LEBEDA, František. *Oceli využívající BH efekt*. Praha, 2008. Bakalářská práce na Technické fakultě České zemědělské univerzity, katedra materiálu a strojírenské technologie. Vedoucí bakalářské práce Ing. Rostislav Chotěborský, Ph.D.

- [10] VOKÁČ, Luděk. *Auta jsou moc těžká...* [on line]. 8. 7. 2010, [cit.16. 10. 2010]. <http://auto.idnes.cz/auta-jsou-moc-tezka-lotus-vymysli-jakou-dietu-jim-naordinovat-pb4-/automoto.asp?c=A100526_164251_automoto_vok>
- [11] TÝBL, Svatopluk, – SMEJKAL, Milan. *Jezdíme úsporně v silniční nákladní a autobusové dopravě*. Praha: NADAS, Knižnice silniční a městské dopravy, 1982. 236 s. OD 31-027-82-05-99
- [12] PÍPAL, Michael. *Konstrukční opatření snižování emisí motorů*. Praha, 2007. Diplomová práce na Technické fakultě České zemědělské univerzity, katedra vozidel a pozemní dopravy. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Josef Kameš, DrSc.
- [13] HORNÍČEK, Jan. *Jezdíme ekonomicky*. Brno: Computer Press a.s., 2007. 147 s. ISBN 978-80-251-1624-1
- [14] BISKUP, Pavel. *Automobil a jeho aerodynamika* [on line]. 11. 6. 2010, [cit. 8. 7. 2010]. <<http://www.e-flotila.cz/k-8-technologie,19744,automobil-a-jeho-aerodynamika.html>>
- [15] ČUMPELÍK, Jiří. *Hospodárná a ekologická jízda*. Praha: Sdružení automobilových přepravců ČESMAD BOHEMIA, 2008. 29 s. ISBN 978-80-904249-1-3
- [16] Autoexpert. *Správný tlak šetří nejen peněženku* [on line]. c2007, [cit. 14. 3. 2010]. <<http://www.autojob.cz/auto-magazin/clanek/16-spravny-tlak-setri-nejen-penezenku.htm>>
- [17] Ministerstvo dopravy ČR. *Dopravní politika pro ČR na léta 2005 - 2013* [on line]. 13. 7. 2005, [cit.4. 11. 2010]. <http://www.mdcr.cz/cs/Strategie/Dopravni_politika/Dopravni_politika.htm>
- [18] IKRINSKÝ, Alexander. *Jazdíme hospodárne*. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1988. 320 s. ISBN 063-119-88

- [19] VAŠÍČEK, Jiří. *Vysvětlení některých meteorologických pojmů a jevů*. [on line]. 7. 2. 2008, [cit.22. 10. 2010]. <http://www.lb.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/Pojmy.htm>
- [20] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Kvalita automobilových paliv - jaká je a jak může být poškozována* [on line]. 1. 6. 2010, [cit. 18. 10. 2010]. <http://hn.ihned.cz/c1-43972200-kvalita-automobilovych-paliv-jaka-je-a-jak-muze-byt-poskozovana>
- [21] UPTON Chad. *The Ideal Vehicle Speed for Best Fuel Economy* [on line]. 25. 2. 2010, [cit.19. 10. 2010]. <<http://brokenssecrets.com/2010/02/25/the-ideal-vehiclespeed-for-best-fuel-economy/>>
- [22] KLANICA, Libor. *Předvídavost budoucí dopravní situace*. [on line]. 10. 4. 2010, [cit.16. 10. 2010]. <http://www.automobilynahradnidily.cz/?st=clanky_detail&id=88&jm=P%F8edv%EDdavost+budouc%ED+dopravn%ED+situace>
- [23] KARHAN, Karel. *Technika řízení automobilu*. Praha: Naše vojsko, 1975. 215 s. ISBN 28-103-75
- [24] HAVLÍK, Karel. *Psychologie pro řidiče*. Praha: Portál, 2005. 224 s. ISBN 80-7178-542-3
- [25] Autohit: *populární motoristický čtrnáctideník*. Praha: Burda, 1999. č. 18/2010. ISSN 1212-8791

7 SEZNAM PŘÍLOH

7.1 Použité grafy

1. Závislosti jízdních odporů na rychlosti.....	4
2. Trend snižování hmotnosti – vůz střední třídy – Evropa.....	7
3. Závislost spotřeby na typu motoru.....	8
4. Pilový diagram převodových stupňů.....	11
5. Vývoj tvaru automobilu s ohledem na součinitel c_x	12
6. Závislost spotřeby paliva na stáří vozidla.....	16
7. Vliv tlaku huštění pneumatik na velikost valivého odporu.....	17
8. Porovnání spotřeby podle výškového profilu trasy.....	21
9. Závislost valivého odporu na bočním zrychlení.....	22
10. Závislost spotřeby na hmotnosti vozidla a povrchu vozovky.....	23
11. Závislost odporu vzduchu na rychlosti větru.....	24
12. Závislost spotřeby na teplotě motoru při startu.....	25
13. Závislost spotřeby paliva na ročním období.....	26
14. Závislost spotřeby na lidském faktoru – řidiči.....	29
15. Závislost spotřeby paliva na rychlosti pohybu vozidla.....	30
16. Otáčková charakteristika motoru.....	32
17. Závislost spotřeby na četnosti zastávek.....	33

7.2 Použité obrázky

1. Tatra 77.....	11
2. Vliv huštění pneu na velikost ramene valivého odporu.....	18
3. Souhrnné schéma psychosomatických vlivů.....	35
4. Schéma vlivu prostředí působícího na řidiče.....	37

7.3 Použité zkratky

4WD (AWD) – All Wheel Drive – pohon všech čtyř kol, též 4x4

ABS (Anti Lock Brake Systém) – protiblokovací systém brzd, při blokování (smýkání) některého kola při brzdění systém sníží působící brzdny tlak

ACC (Adaptive Cruise Control) – adaptivní tempomat, přizpůsobivá kontrola jízdy, systém měřící za pomoci radaru nebo infračerveného senzoru vzdálenost a relativní rychlost vůči vpředu jedoucímu vozidlu, v případě potřeby automaticky ubírá plyn nebo přibrzdí

ADA (Atmosphärendruckabhängiger Vollastanschlag) – zařízení pro snižování množství vstřikovaného paliva vznětového motoru ve větších nadmořských výškách (Audi)

ASC (Automatic Stability Control) – automatická kontrola stability, rozpoznává různé otáčky předních a zadních kol a brání prokluzování kol, do 40 km/h brzdí příslušné kolo, nad 40 km/h redukuje točivý moment motoru, ovládá při tom škrtkovací klapku i předstih zapalování (BMW)

ASR (Anti Slip Regulation) – protiprokluzovací systém kol, jakmile některé hnací kolo začne prokluzovat, snižuje se přiváděný kroutící moment motoru a za pomoci části systému ABS ho i přibrzdí.

CCS (Controlled Combustion System) – řízený systém spalování, kontroluje množství nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech

CRS (Common Rail Systém) – systém s tlakovým zásobníkem, je odděleno vytváření tlaku a samotný vstřik

DOHC (Double Over Head Camshaft) – systém dvou vačkových hřídelů nad každou řadu ventilů (sací, výfukové), t.j. dva vačkové hřídele v hlavě válce

EGR (Exhaust Gas Recirculation) – recirkulace výfukových plynů.

ISG (Idle Stop and Go) – pomocí elektronických snímačů systém vypíná motor při rychlosti nižší než 5km/hod (při sešlápnutém spojkovém pedálu a nezařazené rychlosti). Při opětovném sešlápnutí pedálu se motor opět spustí. (Kia Venga 1,4 CVT)

ITS – (Intelligent Transport Systems) – inteligentní dopravní systémy představují spojení informačních a komunikačních technologií v dopravě. Nazývají se inteligentní, poněvadž přinášejí nadstandardní služby pro cestující a operátory.

JSDI – (Jednotný systém dopravních informací) – komplexní systémové prostředí pro sběr, zpracování, sdílení, distribuci a publikaci dopravních informací a dopravních dat o aktuální dopravní situaci a informací o pozemních komunikacích, jejich součástech a příslušenství

LED (Light Emitted Diode) – svítivá dioda (polovodičový prvek)

MDS (Multi-Displacement System) – systém vypínání válců. V případě jízdy vyrovnanou rychlostí nebo mírné akcelerace uzavírá přístup vzduchu k polovině válců, čímž se sníží spotřeba paliva v závislosti na jízdních podmínkách až o 20 %. Jeep Grand Cherokee, Motor 5,7 HEMI [25]

OHC (Over Head Camshaft) – ventilový rozvod s vačkovou hřídelí v hlavě motoru

RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) systém aktivní navigace automobilů, upozorňující řidiče na dopravní nehody, dopravní zácpy nebo kolony. Systém sám navrhne optimální trasu

TPC (Tire Pressure Control) – kontrola tlaku vzduchu v pneumatikách (BMW)

UIS (Unit Injektor Systém) – sdružená vstřikovací jednotka (čerpadlo – tryska)

UPS (Unit Pump Systém) – stavebnicový systém vstřikování (čerpadlo – vedení – tryska)

VP (Verteilerenspritzpumpe) – čerpadlo s radiálním pístem