

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu

Analýza ekologických modelů konkurenčních automobilových značek

Jaroslav Žák

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 3.12.2016

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování užitečných rad ale především za maximálně vstřícný přístup. Dále chci poděkovat společnosti AUDI AG za poskytnutá data.

Obsah

Úvod.....	8
1 Historie a vývoj automobilů	9
2 Základní celky automobilu	12
2.1 Karoserie.....	12
2.2 Pohon a jeho koncepce.....	14
2.3 Pohonné jednotky	16
2.3.1 Benzínový spalovací motor.....	16
2.3.2 Spalovací motor na stlačený zemní plyn (CNG)	17
2.3.3 Spalovací motor na zkapalněný ropný plyn (LPG).....	19
3 Emisní normy a možnosti zvyšování ekologické šetrnosti automobilů	22
3.1 Aerodynamika	22
3.1.1 Aerodynamické úpravy karoserie.....	24
3.1.2 Ostatní aerodynamické úpravy	27
3.2 Downsizing.....	28
3.3 Snižování hmotnosti.....	30
3.3.1 Snižování hmotnosti karoserie.....	30
3.3.2 Snižování hmotnosti v oblasti pohonného ústrojí a podvozku	33
3.4 Další možnosti zvyšování ekologické šetrnosti automobilů	34
4 Analýza vybraných parametrů ekologických automobilů konkurenčních značek	36
4.1 Volkswagen Golf Bluemotion	36
4.2 ŠKODA Octavia G-TEC	37
4.3 Opel Astra Classic ecoFLEX 1,4 TURBO LPG	39
5 Analyzované parametry	41
5.1 Pohotovostní hmotnost.....	41
5.2 Emise CO ₂	43
5.3 Koeficient odporu vzduchu cx	44
5.4 Výkon	45
5.5 Točivý moment.....	46
5.6 Kombinovaná spotřeba paliva	47
5.7 Náklady na palivo při kombinované spotřebě.....	48
5.8 Objem zavazadlového prostoru.....	49
5.9 Užitečná hmotnost.....	51
5.10 Pořizovací cena	52
6 Výsledné zhodnocení.....	54

Závěr	58
Seznam literatury	59
Seznam obrázků a tabulek	62

Seznam použitých zkratk a symbolů

ACT	Active cylinder technology (aktivní vypínání válců)
CNG	Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
HC	Nespálené uhlovodíky
LPG	Liquified petroleum gas (zkapalněný ropný plyn)
MQB	Modularer Querbaukasten (modulární platforma koncernu Volkswagen)
NEDC	New European Driving Cycle (Nový evropský jízdní cyklus)
NO _x	Oxid dusíku
PHM	Pohonná hmota
PM	Pevné částice (saze)
SCR	Selektivní katalytická redukce
SUV	Sport utility vehicle (sportovně-užitkový automobil)
TSI	Turbocharged Stratified Injection
VW	Volkswagen

Úvod

Automobilová historie a vývoj automobilů za celou svou dobu zaznamenaly několik převratných, revolučních řešení, konstrukčních unikátů, ale také nezdarů. Výrobci automobilů se snaží se poučit nejen ze své historie a vyvarovat se tak neúspěchů, ale aspirují také na správné využití příležitostí, predikování budoucích trendů a posílení svých již silných stránek.

Při vývoji automobilů musí výrobci brát více ohled na vlivy vnějšího prostředí než na prosazování svých interních zájmů.

Na základě zhoršující se ekologické situace a omezených energetických zdrojů jsou tak výrobci automobilů nuceni vyrábět automobily šetrnější k životnímu prostředí.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat ekologické modely automobilů konkurenčních značek, které ke snížení škodlivého vlivu na životní prostředí používají odlišné technologie.

V první části práce bude přiblížena historie automobilu a vliv vnějšího prostředí na jeho vývoj.

V druhé části bakalářské práce budou rozebrány základní celky automobilu. Výjimečná pozornost bude věnována pohonným jednotkám, jelikož v rámci analýzy ekologických automobilů v praktické části této práce představují stežejní technologické koncepce k dosažení maximální ekologické šetrnosti.

Další kapitola bakalářské práce představuje část teoreticko-praktickou, v níž budou přiblíženy důvody a cíle emisních norem. V této kapitole budou rovněž analyzovány aktuální trendy a technická řešení pro zvýšení ekologické šetrnosti automobilů, aby tak byly splněny přísné ekologické normy.

Kapitola č. 4 a 5 tvoří praktickou část této práce, kde budou analyzovány a porovnávány 3 zástupci ekologických modelů automobilů konkurenčních značek na základě stanovených parametrů, jejichž hodnoty jsou udávány výrobcem.

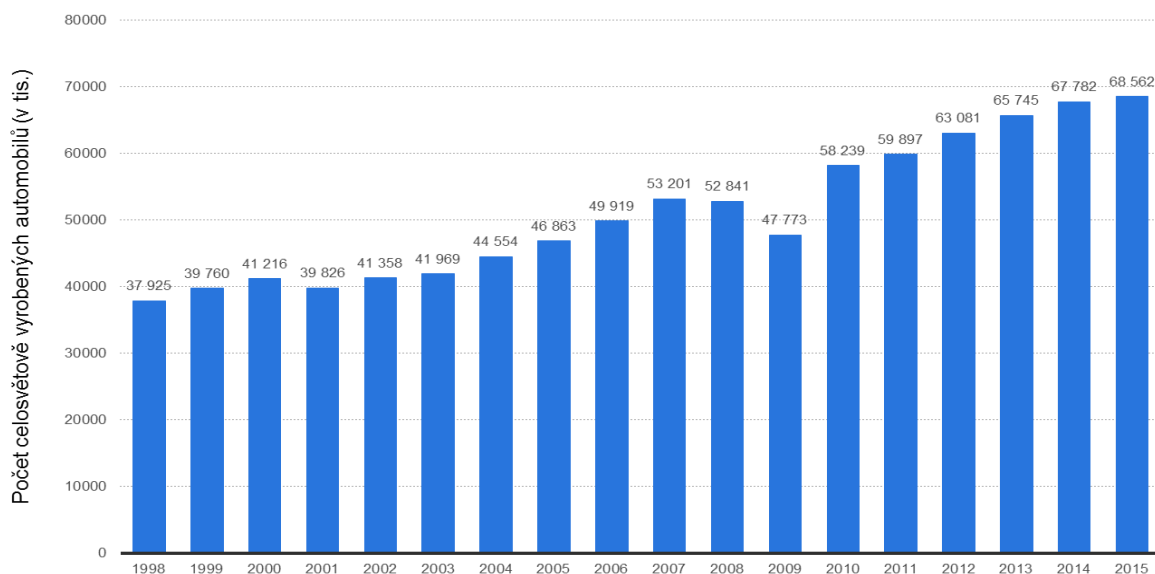
V poslední kapitole této práce budou porovnávané automobily vyhodnoceny nejen z hlediska své šetrnosti k životnímu prostředí, nýbrž i z hlediska výkonových parametrů a užitných vlastností.

1 Historie a vývoj automobilů

Letos je tomu již více než 130 let od doby, kdy byl vyvinut první automobil na světě. Karl Benz, coby spoluzakladatel nejstarší automobilky světa, dostal v roce 1886 patent na svůj první automobil. Jednalo se o automobil s názvem Benz Velo, který měl 3 kola (2 hnací vzadu a 1 řídicí vpředu). Tento automobil byl poháněn jednoválcovým zážehovým motorem o objemu 1045 cm³ a výkonem 1,5 k (1,1 kW).

Jako další významný milník v historii osobního automobilu je nutné zmínit zavedení pásové výroby ve společnosti Ford Motor Company, která tak umožnila redukovat výrobní náklady a zvýšit objem výroby vozů. V roce 1908 byl sériově vyroben první automobil Ford model T, jichž do roku 1927 vzniklo 15 milionů (Beroun, 2003).

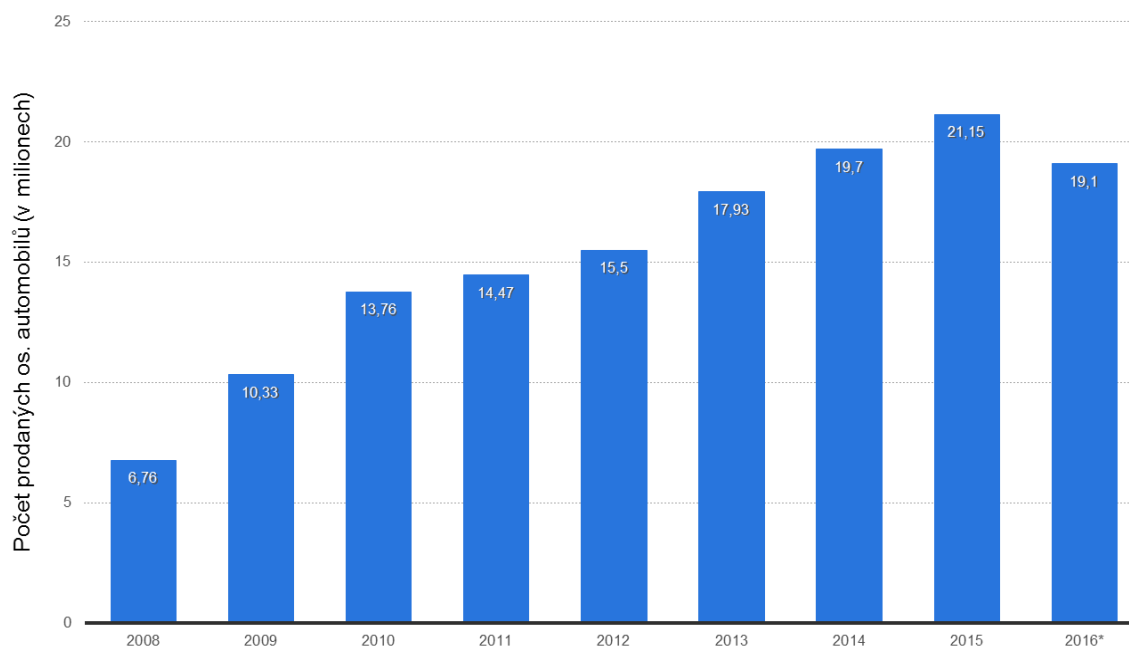
Prostředí výrobců osobních automobilů prošlo v posledních desetiletích razantním vývojem. Dnešní objemy výroby automobilek tvoří již násobky toho, co zvládali automobiloví výrobci vyrobit např. v minulém století. Ovšem automobilový „boom“ stále trvá a poptávka po automobilech stále roste. Tento fakt má za následek i zvýšení konkurence v tomto odvětví. V přiloženém grafu je možné vidět, jak se vyvíjela celosvětová produkce osobních automobilů od roku 1998 až do roku 2015.



Zdroj: statista.com

Obr. 1: Počet celosvětově vyrobených os. automobilů v letech 1998-2015 (v tisících)

Nejvýznamnější vliv na tento jev má stále rychle rostoucí trh v Asii, konkrétně zejména strmě rostoucí čínský trh. Vývoj prodejů osobních automobilů na čínském trhu je znázorněn v grafu níže.



* stav k říjnu 2016

Zdroj: statista.com

Obr. 2: Počet prodaných osobních automobilů v Číně v letech 2008-2016 (v milionech)

Stejně tak jako roste poptávka po osobních automobilech, rostou i požadavky zákazníků. Dnešní zákazník má možnost výběru z několika segmentů automobilů, v rámci daného segmentu má zákazník na výběr vícero modelů a při výběru daného modelu si zákazník často může vybrat ještě z vícera karosářských variant. Dále možnost individualizace výbavy v dnešních automobilech stále roste a automobil jako produkt se stává čím dál více komplexnější.

Již zmíněná velká konkurence vede výrobce automobilů k rozšíření modelové palety, aby mohli ve všech segmentech nabídnout zákazníkům ten správný produkt a uspokojili tak co největší počet stávajících resp. potenciálních zákazníků.

Důsledkem tohoto nárůstu trhu s automobily výrobci čelí skutečnosti, že zákazník má širokou možnost výběru. Tato skutečnost vyvíjí na jednotlivé výrobce enormní tlak a výrobci se tak kromě správného targetingu a positioningu svých produktů musí soustředit na kvalitu, nové technologie a inovace svých produktů. Dále stále

přísnější legislativa, např. v oblasti ochrany životního prostředí nebo bezpečnosti v dopravě, nutí výrobce investovat do vývoje nových technologií nejen v těchto oblastech.

2 Základní celky automobilu

Mezi základní celky osobního automobilu patří karoserie, pohon a podvozek. Na základě těchto částí automobilu se definují jeho technické parametry jako: provedení karoserie, rozměry a hmotnosti, motor, převodovka, výbava atd.

Na základě analýzy vybraných technických parametrů automobilů v praktické části této práce bude v teoretické části práce rozebrána pouze karoserie a pohon jako základní celky automobilu.

2.1 Karoserie

Jedná se o nosnou konstrukci automobilu, patřící k podvozku a sloužící k dopravě osob nebo nákladu. Účelem karoserie je:

- Chránit jednotlivé části vozidla před vnějšími vlivy
- Chránit posádku a náklad před vnějšími vlivy
- Zajistit požadované pohodlí jízdy (v případě řidiče přímo spojeno s bezpečností provozu)
- Ochránit co nejlépe posádku v případě havárie před zraněním (deformační zóny)
- Snížit co nejvíce aerodynamický odpor vozidla
- V případě bezrámové konstrukce vozidla tvořit základní nosnou část (mechmes.websnadno.cz)

Většina osobních automobilů má, jak je uvedeno v posledním bodě výše, samonosnou karoserii, tzn., že karoserie představuje samostatný nosný konstrukční díl (plechy karoserie splňují nosnou funkci). V minulosti používaly osobní vozy nosný rám, na který byl připevněn podvozek s motorem a převodovkou. Karoserie byla pak s rámem spojena pružně. Tento typ uspořádání karoserie se označuje jako **karoserie podvozková**. Dnes se tohoto typu karoserie využívá pouze u terénních automobilů.

Materiálové složení karoserií je u osobních automobilů velice rozmanité. Z důvodů bezpečnosti se při výrobě karoserií používá čím dál více vysokopevnostní oceli. Aby ovšem automobily splňovaly přísné ekologické normy, musí být lehčí než v minulosti, tzn., že se při výrobě karoserií aplikuje čím dál více hliníku. Ve vozech luxusní třídy, resp. sportovních vozech, se při stavbě karoserií aplikuje také karbon

či titan. Z důvodů hmotnosti a prevence koroze se díly jako nárazníky, blatníky či prahy vyrábějí u některých osobních vozů z odolných plastů.

Existuje několik typů karoserií. K nejvýznamnějším druhům karoserií patří: sedan, liftback, hatchback, kombi, SUV, MPV, crossover, coupé, roadster. V praktické části bakalářské práce budou analyzovány 3 vozy nižší střední třídy, z nichž jeden má karoserii typu **sedan** (Opel Astra Classic), druhý karoserii typu **liftback** (ŠKODA Octavia G-TEC) a třetí karoserii typu **hatchback** (Volkswagen Golf Bluemotion).

Karoserie jako základní celek automobilu splňuje další velmi důležitou funkci automobilu a to jeho design. Právě vzhled jak exteriéru, tak interiéru automobilu přímo souvisí s jeho úspěchy na trhu. Především díky specifickému designu tzv. designovému jazyku se automobily dané značky liší od vozů ostatních značek a budují si tak jistý styl či image a tím pádem i svou skupinu zákazníků (Kotler, 2007). Konstrukce a design karoserie dále přímo souvisí s technickými parametry vozidla, jako je aerodynamika, vnitřní prostor pro posádku a zavazadla, komfort, bezpečnost a ergonomie (Beroun, Scholz, 2003).

V oblasti bezpečnosti je karoserie jako základní celek automobilu tou nejdůležitější částí pro bezpečnost posádky automobilu. Jelikož se normy bezpečnosti automobilů neustále zpřísňují, automobiloví výrobci musí vyvíjet karoserie bezpečnější, jak po stránce aktivní, tak pasivní bezpečnosti. Zatímco **pasivní bezpečnost** lze vysvětlit jako souhrn opatření k zmenšení následků nehody, tak **aktivní bezpečnost** lze definovat jako souhrn opatření ke snížení možnosti vzniku nehody (Vlk, 2004).

Kromě bezpečnosti je pro zákazníka důležitá vnitřní výbava karoserie. Výrobci vozů nižší střední třídy nabízejí své modely ve vícero stupních výbavy. Tyto výbavové stupně ovšem neovlivňují a nezahrnují pouze odlišnou výbavu interiéru, ale i exteriéru, jako např. kola, světla, zrcátka či střešní systémy. U některých výrobců může výběr výbavového stupně podmiňovat i užší či širší výběr motorizací a dalších technických specifikací. Důvod, proč výrobci zahrnují výbavu do takovýchto úrovní, je prostý. Pevně definovanými výbavovými stupni výrobci snižují komplexitu dílů automobilu a tím šetří jak na vývojových, tak produkčních i logistických nákladech. Jistá míra individualizace výbavy (příplatková výbava)

existuje u každého výrobce automobilů. Obecně platí, že nejvíce lze individualizovat vozy evropských výrobců, převážně pak německé automobily. Např. mnoho modelů německých prémiových značek (AUDI, BMW, Mercedes-Benz) nemá žádné předdefinované stupně výbavy, tzn., že vůz je pak vybaven na základě přání zákazníka (jeho zvolené příplatkové výbavy). Tyto automobily pak není problém vybavit na takovou úroveň, že jejich prodejní cena je více jak dvojnásobná oproti stejnému základnímu, sériově vybavenému modelu. Naopak nejmenší možností individualizace se vyznačují auta asijská, převážně pak auta japonských výrobců, jako např. Toyota, Subaru či Mazda. Velice oblíbené a prodejně úspěšné jsou tzv. akční pakety. **Akční paket** lze chápat jako balíček více položek příplatkové výbavy, který je finančně zvýhodněný. Na základě akčních paketů začali výrobci automobilů nabízet i tzv. sondermodely. Jde o speciální limitovanou edici nějakého modelu z produktového portfolia, který je vybaven specifickou, předdefinovanou, příplatkovou výbavou, která je finančně zvýhodněná. Smyslem sondermodelů je nabídnout zákazníkům automobil s finančně zvýhodněnou příplatkovou výbavou, kterou by zákazník do klasického modelu samostatně pořídil mnohem dráž. Dále bývají tyto modely i designově specifické. Často mívají oproti klasickým modelům různé emblémy, speciální laky či disky. Sondermodely lze také individualizovat, ovšem ne v takové míře jako modely klasické.

Konkrétními zástupci sondermodelů jsou např. ŠKODA Octavia Fresh, VW Golf Maraton Edition či Opel Astra Active.

2.2 Pohon a jeho koncepce

Koncepce pohonu určuje, jak je pohonné ústrojí v automobilu rozmístěno. Rozlišujeme 4 základní koncepce pohonu:

1. Klasická koncepce (umístění motoru, spojky i převodovky vpředu a přes kardanový hřídel jsou poháněná zadní kola)
2. Koncepce vše vpředu (umístění motoru, spojky i převodovky vpředu a pohon předních kol)
3. Koncepce vše vzadu (umístění motoru, spojky i převodovky vzadu a pohon zadních kol)

4. Koncepce pohonu všech kol (umístění motoru, spojky i převodovky vpředu a pohon předních kol + přes kardanový hřídel jsou hnána také zadní kola)

Na hnací nápravě automobilu se nachází rozvodovka, která rozvádí točivý moment do dvou směrů, tj. na levé a pravé hnací kolo vozidla. Součástí rozvodovky je i diferenciál, jehož funkce spočívá v urychlování otáčení vnějšího kola, zatímco vnitřní kolo je vlivem většího valivého odporu přibrzdováno. Toto řešení je nutné proto, že vnější kolo opisuje v zatáčce větší oblouk než kolo vnitřní. „Pokud by se obě kola točila stejně rychle, docházelo by v zatáčkách k jejich smýkání, což by bylo nebezpečné z hlediska bezpečné jízdy. Samozřejmě by docházelo také k nadměrnému opotřebením pneumatik“ (schroter.cz).

V praktické části bakalářské práce budou analyzovány ekologické modely automobilů nižší střední třídy. Většina automobilů v této třídě využívá konceptu pohonu „**vše vpředu**“. Významnou předností tohoto konceptu je výborná variabilita interiéru a maximální využití prostoru karoserie pro interiér vozu. I z tohoto důvodu zhruba 70 % všech vyráběných automobilů používá tento koncept pohonu. Dalším důvodem, proč výrobci automobilů používají převážně tento koncept pohonu, jsou nižší náklady a jednodušší montáž tohoto druhu pohonu. Výborným příkladem jsou 2 zástupci nižší střední třídy, a sice BMW řady 1 a Mercedes-Benz třídy A. Minulé generace těchto modelů disponovaly výhradně klasickou koncepcí. Díky konstrukční jednoduchosti, úspoře materiálu (absence kardanového hřídele a dalších částí), nižší hmotnosti a větší využitelnosti prostoru se v nižší střední třídě i prémioví výrobci rozhodli přejít na běžnou koncepci využívanou výrobci levnějších automobilů.

U většiny výrobců lze za příplatek objednat pohon všech kol, který zvyšuje bezpečnost jízdy, a těší se tak u zákazníků čím dále větší oblibě. Další výhodou jsou vynikající trakční vlastnosti tohoto typu pohonu. Nevýhodou je vyšší průměrná spotřeba paliva. V průměru spotřebuje pak model se stejným motorem ale pohonem 4x4 zhruba o 0,5-1l paliva na 100 km více než stejný model se stejným motorem ale pouze jednou hnací nápravou (Neumayer, 2010).

Ekologické modely nižší střední třídy, které v praktické části této práce budou podrobeny analýze, disponují pohonem pouze a jedině přední nápravy, jelikož právě tato koncepce pohonu umožňuje nejvýhodnější zástavbu pohonného ústrojí,

aby provoz automobilu byl pak co nejšetrnější. Koncepte „**vše vpředu**“ je lehká a díky absenci kardanového hřídele a rozvodovky s diferenciálem na zadní nápravě je v autě více místa k dispozici pro zástavbu např. ocelových nádrží na CNG či LPG.

2.3 Pohonné jednotky

Nejrozšířenějšími pohonnými jednotkami dnešních automobilů jsou stále spalovací motory. **Spalovací motor** je pohonná jednotka, v níž se palivo (plyn, benzin nebo nafta) spaluje přímo ve stroji a jež převádí uvolněnou energii přímo na energii mechanickou (otáčivý pohyb motoru resp. jeho klikového hřídele) (tomasboril.cz). Dále je otáčivý pohyb přes převodová ústrojí převáděn až na hnací kola automobilu. Obecně lze říci, že společnou funkcí všech převodových ústrojí (převodovka, spojovací hřídele, rozvodovka s diferenciálem) je přenos síly od motoru dál až na hnací kola automobilu a současné zpřevodování této síly (točivého momentu) na nižší otáčky avšak o větší síle (schroter.cz).

V praktické části bakalářské práce budou podrobněji analyzovány 3 automobily, z nichž jeden pohání čistě benzinový motor (Volkswagen Golf Bluemotion), druhý pohání motor na LPG/benzin (Opel Astra Classic) a třetí pohání motor na stlačený zemní plyn CNG i benzin (ŠKODA Octavia G-TEC). Z tohoto důvodu budou v této kapitole ještě podrobněji rozebrány tyto jednotlivé typy pohonných jednotek.

2.3.1 Benzinový spalovací motor

Jde o spalovací motor, u něhož je směs paliva a vzduchu ve válci zapálena (zažehnuta) elektrickou jiskrou, kterou obvykle vytvoří zapalovací svíčka. Tomuto typu motoru se také říká „Ottův motor“, neboť právě pan Nicolaus Otto v roce 1876 představil první čtyřdobý zážehový motor. V roce 1877 si ho nechal patentovat.

Účinnost tohoto motoru se pohybuje v rozmezí 25-35 %. Vyšší hodnoty jsou dosahovány u motorů přeplňovaných (Hromádka, 2011). Zážehové motory jsou jednoduché, kompaktní, mají malé rozměry a jsou lehké a výrobně levnější než např. motory vznětové. Z tohoto důvodu se tento typ motorů nejvíce používá v automobilech nižších tříd. Přeplňované motory dosahují vyšší účinnosti, jelikož turbodmychadlo či kompresor (mechanické dmychadlo) zvyšují výkon i točivý moment motoru, a výrobci jsou tak schopni nabízet výkonné a dynamické motory při nízkém objemu. Maloobjemové přeplňované motory produkují také méně CO₂ i

NO_x, což je s ohledem na dnešní přísnou legislativu o produkci automobilových emisí pro výrobce velice zásadní.

Jak již bylo uvedeno výše, mezi výhody benzinového spalovacího motoru patří jeho nižší náklady na výrobu, kompaktnost, nízká hmotnost, spolehlivost, ale také např. kultivovanost či jeho nižší náklady na údržbu (servis). Dále, aby benzinové spalovací motory splňovaly ty nejpřísnější ekologické normy (Euro 6), nemusí být vybaveny finančně náročnými a často také poruchovými systémy jako filtry pevných částic či SCR-AdBlue (systém vstřikování močoviny do výfuku) (Hromádko, 2011).

K nevýhodám benzinových spalovacích motorů patří jejich vyšší spotřeba paliva, která je oproti vznětovým motorům dána nižší účinností. Kdyby byl srovnáván naftový a benzinový motor o stejném výkonu, pak v průměru mívají benzinové motory zhruba o 20-25 % vyšší kombinovanou spotřebu paliva (Neumayer, 2010).

Ve většině případů bývají modely automobilů nižší střední třídy naceněny tak, že v průměru stejně výkonný model s naftovým motorem je o 50 000 – 60 000 Kč dražší než stejně výkonný model s motorem benzinovým. Provozovat naftový motor se vyplatí i přes vyšší počáteční investici a i jeho vyšší servisní náklady v případě vyššího nájezdu kilometrů za rok (v průměru více jak 28 000 km) díky jeho nižší spotřebě paliva (Neumayer, 2010).

2.3.2 Spalovací motor na stlačený zemní plyn (CNG)

Pod zkratkou CNG (Compressed natural gas) se rozumí stlačený zemní plyn. Na přelomu 80. a 90. let 20. století se v České republice začalo toto palivo prvně používat v nákladních automobilech a autobusech. Ovšem tehdy se nejednalo o sériové CNG nákladní vozy ani autobusy, nýbrž všechny tyto automobily byly sériově vyrobeny s naftovým motorem a osobní a nákladní dopravci si je poté nechali přestavit na pohon CNG. Žádný z místních výrobců tehdy sériové nákladní automobily ani autobusy s pohonem CNG nenabízel a zahraniční značky byly pro místní dopravce příliš drahé. I přesto se tyto „přestavby“ u dopravců velice rychle osvědčily, jelikož jim snížily náklady na provoz a zlepšily se také parametry jako ekologie či hlučnost (Vlk, 2004).

Vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin (nejen dnes sledovaných oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhličitého, pevných částic, ale i polyaromatických

uhlovodíků, aldehydů, aromátů včetně benzenu) než vozidla s klasickým palivem. Rovněž vliv na skleníkový efekt je u plynových motorů menší v porovnání s benzinem či naftou (Vlk, 2004). „Reálná produkce CO₂ je u vozidla na zemní plyn o více než 20 % menší než u srovnatelného na benzin“ (Vlk, 2004).

Další výhodou oproti benzínu či naftě jsou nižší náklady na palivo. „Reálná úspora oproti benzínu se pohybuje kolem 40 %, oproti naftě přes 20 %. Svou roli v tom hraje daňové zvýhodnění zemního plynu“ (Vlk, 2004). Problémem motorů spalujících jak zemní plyn, tak zkapalněný propan-butan je jejich malá dojezdová vzdálenost. Akční rádius automobilu na LPG či CNG s dnes běžnou 80 litrovou náplní plynu je jen 200 až 300 km (Vlk, 2004). Z tohoto důvodu mají prakticky všechna osobní auta tohoto typu dvoupalivový systém (agregát uzpůsobený ke spalování jak benzínu, tak CNG). U dvoupalivových systémů dochází pak ke zvýšení celkového dojezdu. Spalováním plynu se v motoru netvoří karbonové úsady a z toho plyne vyšší životnost motoru a oleje (Vlk, 2004).

Nevýhodou CNG pohonu je nedostatečná infrastruktura čerpacích stanic s tímto palivem na území ČR. Další nevýhodou tvoří jeho vyšší pořizovací cena, která např. v případě ŠKODY Octavie G-TEC činí oproti stejně výkonné benzinové verzi zhruba 53 000 Kč, což je prakticky stejný příplatek jako za zhruba stejně výkonný naftový motor. Také zákaz vjezdu do podzemních garáží s tímto typem pohonu může způsobovat mnoha zákazníkům jistou nevýhodu. Takováto zpřísněná bezpečnostní opatření se týkají také garážování tohoto typu automobilů doma. Mimořádná bezpečnostní opatření platí také při opravách vozidel s tímto typem pohonu.

U potencionálních zákazníků, z důvodů všech těchto bezpečnostních opatření, často vyvstává otázka, zda je tento pohon ve vozidle vlastně vůbec bezpečný. S jistotou lze konstatovat, že při dodržování všech pokynů a pravidelných servisních prohlídek daných výrobcem jsou vozidla spalující CNG ještě bezpečnější než vozidla spalující konvenční paliva. Jedním z důvodů je, že zápalná teplota CNG je oproti benzínu dvojnásobná. Dále tlakové nádrže vyrobené z oceli, hliníku či kompozitu jsou bezpečnější než plastové nádrže na benzin či naftu a mimo to musí být také pravidelně revidovány. Tlakové nádrže u osobních CNG vozidel bývají nejčastěji umístěny pod podlahou zavazadlového prostoru.

Pohonné jednotky, které jsou od počátku konstruovány pro pohon sériových CNG automobilů jsou primárně upraveny pro provoz na CNG. Spaluje-li v praxi takovýto motor CNG, dosahuje pak také lepších výkonových parametrů. Důvodem je, že zemní plyn má vyšší oktanové číslo než benzin a lze pak využít vyššího kompresního poměru motoru a tím tak dosáhnout vyššího výkonu. Aby výše popsané motory mohly spalovat jak CNG, tak benzin, jsou vybaveny speciální dvouřadou vstřikovací lištou.



Zdroj: fedorauto.cz

Obr. 3: Ocelové tlakové CNG nádrže u vozu ŠKODA Octavia G-TEC

2.3.3 Spalovací motor na zkapalněný ropný plyn (LPG)

LPG jako palivo k provozu spalovacích motorů je směsí propanu a butanu. Plyn jako palivo byl používán pro pohon spalovacích motorů ještě dříve než benzin. Již v roce 1807 zkonstruoval pan Isaac de Rivaz automobil poháněný výbušným motorem na svítiplyn (Hromádka, 2011). Především ve druhé polovině 80. let začal být velký zájem o LPG jako palivo k pohonu motorových vozidel. „LPG má jako palivo pro pístové spalovací motory velmi kvalitní vlastnosti, zejména vysokou antidetonační odolnost a vysokou výhřevnost“ (Vlk, 2004). LPG obsahuje menší podíl uhlíku (1 kg LPG obsahuje 0,825 kg C) než běžná kapalná paliva, jako nafta či benzín, která obsahují v 1 kg až 0,870 kg uhlíku. Tento fakt vede k velice dobrým předpokladům pro dosažení nižších emisí výfukových škodlivin, než mají motory na klasická kapalná paliva především pak k nižší produkci CO (oxidu uhelnatého) (Vlk, 2004). K čistotě paliva LPG přispívá také nízký obsah síry,

žádné olovo a žádné benzenové uhlovodíky. Významnou vlastností a výhodou LPG je schopnost vytvořit se vzduchem vysoce homogenní směs, která je dobře rozdělitelná mezi válce, což je velmi žádoucí pro ideální spalování (Vlk, 2004).

Automobily s pohonem LPG vždy disponují klasickou nádrží na benzin a druhou nádrží na alternativní palivo LPG. Je-li automobil už od výrobce uzpůsobený pro provoz na LPG nebo i CNG, pak tyto motory bývají nejčastěji vybaveny systémem sekvenčního vstřikování. Součástí tohoto systému jsou tedy standardní benzinové vstřikovače a plynové vstřikovače, které pracují v podstatě na stejném principu. Systém řídí za běžných podmínek přepínání vstřikovaného paliva zcela automaticky, resp. řidič může tlačítkem uvnitř vozu přepínat mezi jízdou na plyn a jízdou na benzin. Na základě dat z řídicích jednotek např. při nedostatku plynu či při studeném startu se systém automaticky přepne na vstřikování benzínu. Díky této moderní technologii vstřikování plynu se jízda na LPG jeví v podstatě stejně výkonově dynamická, jako při provozu na benzin. Naprosto stejné dynamiky jízdy nelze s palivem LPG docílit z toho důvodu, že LPG má menší výhřevnost než benzin či CNG.

Síť čerpacích stanic LPG v současné době narůstá a dnes jich je v ČR už více než 900. Další důležitou výhodou tohoto pohonu je také cena paliva. Jeden litr zkapalněného propan-butanu (LPG) stojí zhruba dvakrát méně než 1 litr benzínu. Přestože motor spalující LPG spotřebuje na 100 km zhruba o 20 % paliva více než motor spalující benzin, tak se přesto z ekonomického hlediska zcela jistě vyplatí více provozovat automobil na LPG právě kvůli zhruba polovičním nákladům na palivo. Díky přítomnosti nádrže na LPG i na benzin disponují tato auta vysokým nájezdem kilometrů na jedno natankování. Zpravidla není problém ujet s plně natankovanou LPG a benzinovou nádrží 1000 km. Mezi další výhody motorů spalujících plyná paliva (jak CNG tak i LPG) patří jejich nižší hlučnost, jelikož LPG i CNG jako palivo mají lepší antidetonační schopnosti díky vyššímu oktanovému číslu a v motorech spalujících tato plyná paliva dochází zřídka k detonačnímu hoření (klepání motoru) způsobenému samovznícením paliva.

Z hlediska ekologie má palivo LPG podobné výhody jako CNG. Oproti benzinovému motoru disponuje motor spalující LPG snížením emisí výfukových škodlivin o 15 %. Z důvodu nižšího obsahu síry v LPG se spalovací motor tolik

nezanáší uhlíkovými úsadami jako v případě spalování benzínu. Z toho plyne vyšší životnost motoru a motorového oleje (Vlk, 2004).

Podobně jako u CNG je i u LPG daleko vyšší zápalná teplota než u benzínu. V případě úniku paliva se jak LPG, tak CNG rychle vypaří a jelikož tato paliva nejsou nikterak toxická, nepředstavují pak pro okolí v oblasti úniku žádné nebezpečí.

LPG je zkapalněno v ocelových či kevlarových lahvích pod zavazadlovým prostorem automobilu. Z hlediska bezpečnosti dosahuje pohon LPG stejné bezpečnosti jako pohon CNG.

Nevýhody pohonu LPG jsou v podstatě totožné jako u pohonu CNG. Jsou jimi vyšší pořizovací náklady na vozidlo (50 000 – 60 000 oproti stejně výkonné benzinové verzi), z důvodů uložení LPG nádrží absence dojezdového kola resp. menší objem zavazadelníku, zvýšení pohotovostní a snížení užitečné hmotnosti automobilu kvůli uložení nádrží na alternativní palivo, zákaz vjezdu do podzemních garáží a zpřísněná opatření při garážování automobilu doma, zpřísněná servisní opatření.



Zdroj: auto.cz

Obr. 4: Uložení LPG nádrží místo dojezdového kola pod podlahou zavazadelníku Opelu Astra ecoFLEX

3 Emisní normy a možnosti zvyšování ekologické šetrnosti automobilů

Cílem emisních norem je dlouhodobé snižování škodlivin produkovaných silničními vozidly, aby tak navzdory neustále rostoucímu počtu automobilů byla zajištěna ochrana a zvyšující se kvalita životního prostředí. Součástí těchto norem jsou testy pro homologaci vozů, které zjišťují, zda automobil plní danou normu (Vokáč, 10/2016, auto.idnes.cz). V Evropě jsou aktuálně v platnosti testy NEDC (New European Driving Cycle). Část testů simuluje jízdu automobilu ve městě a část mimo město. Automobil je testován na řízeném válcovém dynamometru. Současné testy NEDC ovšem neodpovídají reálnému provozu automobilů. I proto převážně u automobilů s downsizingovým motorem není schopen řidič dosáhnout spotřeby, kterou udává výrobce ve svých brožurách. Z tohoto důvodu vstoupí v roce 2017 v platnost nové testy, které se vyznačují vyššími rychlostmi, prudší akcelerací a delším průběhem, takže více odpovídají reálnému provozu. Vykazovaná spotřeba ale i produkce emisí automobilů tak určitě stoupne a přiblíží se tomu, co znají řidiči z praxe (Vokáč, 10/2016, auto.idnes.cz). To je dobrá zpráva pro spotřebitele, ale pro automobilky je tento fakt noční můrou, jelikož se zavázaly, že od roku 2021 budou splňovat flotilový průměr (průměr produkovaných emisí CO₂ všech prodaných automobilů za 1 rok) produkce CO₂ 95g/km. Za nesplnění či překročení těchto podmínek bude muset výrobce platit vysokou pokutu za každý prodaný automobil, v závislosti na míře překročení emisního limitu. Výrobci jsou tak nuceni investovat nemalé finanční prostředky na inovace, nové technologie či následování trendu elektromobility, aby se tak snížilo celkové množství produkovaných škodlivin automobily.

3.1 Aerodynamika

„Aerodynamika je věda zabývající se obtékáním (prouděním) vzduchu kolem těles. Obecně platí, že čím nižší je aerodynamický odpor vzduchu vozidla, tím hospodárnější je jeho provoz“ (Sajdl, autolexicon.net). Součinitel aerodynamického odporu vzduchu (cx) udává velikost či míru aerodynamického odporu. Čím nižší hodnoty tento součinitel nabývá, tím vyšší je kvalita karoserie z hlediska jejího obtékání vzduchem a tím menší odpor vzduchu na automobil

působí (Sajdl, autolexicon.net). Dnešní automobily mívají koeficient odporu vzduchu (c_x) okolo 0,3 (Sajdl, autolexicon.net).

Velikost odporové síly je závislá zpravidla na následujících faktorech: velikosti čelní plochy automobilu, hustotě okolního prostředí (zpravidla vzduch), druhé mocnině rychlosti v a tvaru automobilu. Jak již bylo uvedeno výše, k zobecněnému popisu tvaru tělesa slouží tzv. *součinitel odporu c_x* , který zohledňuje tvar a kvalitu povrchu tělesa (Sajdl, autolexicon.net).

Z pohledu aerodynamiky je nejlepším tvarem pro obtékání vzduchu kapka. Vpředu jde o zakulacený tvar, který se směrem vzad zužuje do špičky. Kolem sebe tento tvar nejlépe zachovává tzv. laminární proudění. Jde o proudění, při kterém těleso obtékají rovnoběžné proudnice. Stav, kdy by těleso obtékaly pouze rovnoběžné proudnice nelze dosáhnout, tzn., v aerodynamice každé těleso vždy alespoň z části obtékají různoběžné proudnice. Různoběžné proudnice tvoří tzv. turbulentní proudění. Laminární proudění dosahuje mnohem menšího aerodynamického odporu nežli proudění turbulentní. Z tohoto důvodu právě karoserie, které jsou svoji formou nejbližší tvaru kapky, zpravidla sedan či kupé, neboli vozy se splývající střechou a na ní navazujícím víkem zavazadelníku, dosahují nejlepšího laminárního proudění a tím pádem také nejnižšího aerodynamického odporu ze všech typů karoserií. Důvodem je fakt, že většina proudícího vzduchu se odtrhává na zadní hraně automobilu a nedochází k frekventovanému turbulentnímu proudění jako např. u karoserie typu hatchback či kombi, u kterých se vzduch díky strmé zádi tak přirozeně neodtrhává a způsobuje tím turbulentní víření na zádi automobilu, které zvyšuje aerodynamický odpor. Ovšem u těchto typu karoserií (kombi, hatchback, SUV...) se využívá úprav jako např. různých typů spoilerů, které napomáhají, aby se většina proudícího vzduchu také odtrhávala na jejich zadní hraně a omezilo se tak tvoření nežádoucích turbulentních vírů.

Obecně platí, že sníží-li se koeficient odporu vzduchu c_x u jedoucího automobilu o jednu desetinu, sníží se tím jeho spotřeba paliva zpravidla v průměru o 2,5 % (Sajdl, autolexicon.net).

Na základě výše uvedených skutečností je aerodynamika automobilu klíčová pro to, aby automobil byl úsporný a tím pádem i šetrný k životnímu prostředí. Z tohoto

důvodu využívají výrobci automobilů v oblasti aerodynamiky automobilu několik řešení.

3.1.1 Aerodynamické úpravy karoserie

K významným aerodynamickým prvkům karoserií patří zadní spoilery. Využití zadního křídla pochází z motorsportu, kde jeho primární funkce spočívá ve snižování vztlaku na zadní nápravě. Zadní spoilery se ovšem začaly používat v běžných sériově vyráběných automobilech. Zde je důvod nasazení spoilerů odlišný. Jejich funkce spočívá v usměrňování proudu vzduchu v zadní části vozidla a zabraňování vzniku turbulencí. Snižuje se tím tak aerodynamický odpor vozu. Takové spoilery jsou oproti těm závodním konstrukčně naprosto odlišné a i na první pohled vypadají jinak.



Zdroj: svetmotoru.auto.cz

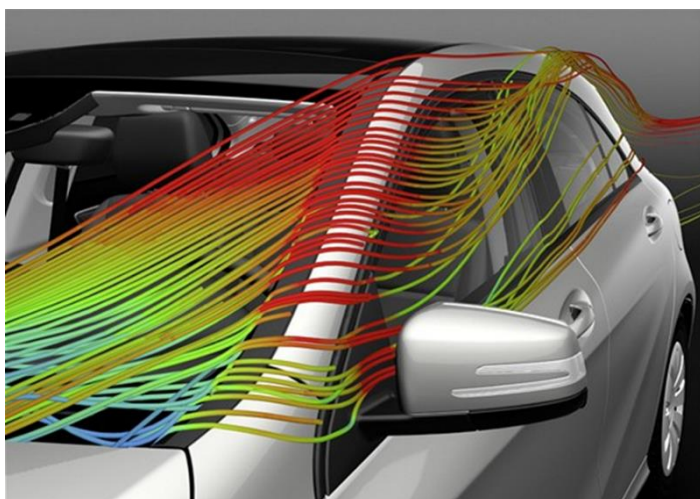
Obr. 5: Zadní spoiler u vozu ŠKODA Octavia Combi Greenline



Zdroj: total911.com

Obr. 6: Zadní spoiler u vozu Porsche 911 GT3 RS

Mezi další významné úpravy snižující aerodynamický odpor patří úpravy zpětných zrcátek automobilu. Z pohledu aerodynamiky zpětná zrcátka na automobilu vyloženě vadí. Nejlepší by bylo, kdyby automobil žádná zpětná zrcátka neměl, jelikož významně narušují obtékání vzduchu kolem A-sloupku karoserie. Z tohoto důvodu v minulosti výrobci automobilů zpětná zrcátka zmenšovali, aby tak snížili aerodynamický odpor. Jelikož se tak snížila i praktičnost zrcátka samotného, tzn., že řidiči se snížil přehled o tom, co se děje za vozidlem, přišli výrobci s novým řešením tzv. „zrcátkem na nožičce“. Díky tomuto řešení se výrobcům povedlo zvětšit vzdálenost mezi A-sloupkem a zrcátkem a tím tok vzduchu usměrnili. Nasazením tohoto typu zrcátek obtékající vzduch kopíruje převážně A-sloupek a boční okno a nepřichází tolik do kontaktu se zrcátkem samotným. Automobily s tímto typem zrcátek dosahují nejen nižšího aerodynamického odporu, ale i lepších hodnot v oblasti aeroakustiky vozu.



Zdroj: auto.idnes.cz

Obr. 7: „Zrcátko na nožičce“ u vozu Mercedes-Benz A

V budoucnu lze očekávat, že klasická konvenční zrcátka nahradí kamery. Napomůže to nejen aerodynamice vozu nýbrž i bezpečnosti, jelikož kamery budou nepřetržitě sledovat a hlídat provoz kolem celého automobilu.



Zdroj: insideevs.com

Obr. 8: AUDI e-tron Quattro concept s virtuálními zrcátky

Další významnou úpravou karoserie s ohledem na zlepšení aerodynamiky vozu jsou kliky dveří. S revoluční novinkou přišla automobilka Tesla, která u svého Modelu S představila vysouvací kliky dveří, které jsou za jízdy zasunuté a tvoří spolu s dveřmi vozu jednu rovinu. To při jízdě napomáhá ideálnímu neporušenému toku vzduchu po stranách dveří.



Zdroj: chip.de

Obr. 9: Vysouvací kliky dveří u vozu Tesla Model S

Proudění vzduchu se dále vylepšuje speciálně upravenými předními nárazníky a předními spoilery, které zajišťují usměrňování toku vzduchu mimo podběhy a okolí

kol tak, aby nedocházelo ke vzniku nežádoucích vírů, ale zároveň aby bylo zajištěno dostatečné chlazení brzd. Takto podobně lze upravovat proudění také speciálně tvarovanými koly.

3.1.2 Ostatní aerodynamické úpravy

Aktivní aerodynamika motorového prostoru tvoří další způsob, jak docílit nižšího aerodynamického odporu automobilu. Z celkového aerodynamického odporu automobilu tvoří zhruba 10 % právě proudící vzduch do prostoru motoru. Z hlediska aerodynamiky by bylo nejlepší, kdyby mřížka chladiče automobilu mohla být zcela zaslepena. Z důvodů chlazení agregátu a dalších důležitých částí to ovšem není trvale možné. Existují ovšem situace, kdy se motor zahřívá méně a tím pádem není nutné na jeho uchlazení vynaložit mimořádný chladicí výkon. Příkladem takové situace by mohla být poklidná jízda spíše konstantního charakteru někde mimo obec, kdy řidič požaduje jen část dostupného výkonu agregátu a motor se tak příliš nezahřívá. Pro tento případ vyvinuli někteří výrobci automobilů tzv. aktivní větrací lamely, které by při výše popsané situaci byly zavřené a do motorového prostoru by tak neproudil žádný vzduch a snížil by se tak aerodynamický odpor vozidla. Tyto lamely se nachází na čelní straně chladiče motoru a otevírají se na základě vyhodnocení dat z řídicí jednotky, která snímá rychlost vozidla, teplotu chladicí kapaliny a teplotu okolního vzduchu. Lamely se otevírají ve vícero polohách na základě množství přísunu vzduchu, kterého je třeba pro chlazení motoru.



Zdroj: bmw.com

Obr. 10: Proudění vzduchu kolem vozu při uzavřených větracích lamelách



Zdroj: bmw.com

Obr. 11: Proudění vzduchu kolem vozu při otevřených větracích lamelách

Výrobci upravují i podvozky, kde nasazují speciální kryty, aby bylo usnadněno a optimálně usměrněno proudění vzduchu pod vozem. K redukování aerodynamického odporu automobilu napomáhá také snížení podvozku.

3.2 Downsizing

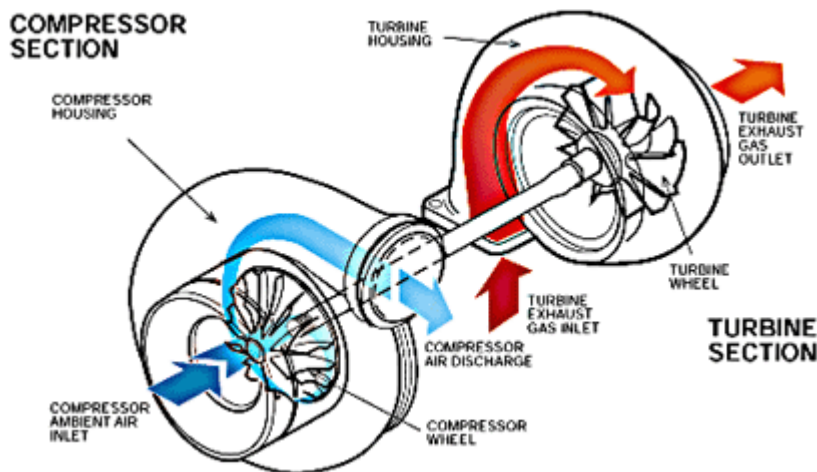
Aby dnešní automobily splňovaly přísné ekologické normy uvalené EU či vládami států, jsou výrobci nuceni vyvíjet nové technologie, aby jejich automobily byly šetrnější k životnímu prostředí. Nejvýznamnějším trendem v oblasti snižování CO₂, který panuje u většiny automobilových výrobců je snižování objemů motorů při zachování stejného či vyššího výkonu. Technologicky je toho dosaženo nasazením přímého vstřikování či přeplňování. Tento trend je známý jako downsizing – z angličtiny zmenšování. Jeho cílem je snížit produkci emisí spalovacích motorů.

Menší motor disponuje nižší celkovou hmotností, tím pádem má i menší setrvačné hmoty. Takový motor má díky menším třecím plochám nižší třecí odpory. Ve výsledku všechny tyto vlastnosti vedou k nižší spotřebě paliva a nižší produkci emisí CO₂.

Větší objem motoru znamená i větší objem směsi, kterou v sacím taktu dokáže motor nasát. Zapálením většího objemu směsi se uvolní více energie a motor tak dosahuje vyššího výkonu. Efektivním řešením je tzv. přeplňování motoru **turbodmychadlem**. Jde o zařízení, které zvyšuje tlak nasávaného vzduchu do motoru a díky stlačitelnosti plynů tak dochází k zvětšení objemu nasávaného

vzduchu. Větší objem vzduchu umožní spálit více paliva a dochází tak k zvýšení výkonu motoru aniž by se zvyšoval objem motoru.

Jak principiálně funguje turbodmychadlo, je možné vidět na obrázku č. 12.



Zdroj: mjauto.cz

Obr. 12: Princip turbodmychadla a jeho funkce

„Výfukové plyny, které vycházejí z motoru výfukovou soustavou, jsou nasměrovány do komory turbíny, ve které se nachází rotor“ (turbo-tec.eu). Tento rotor je roztáčen pohybem výfukových plynů a otáčivý pohyb je dále přes hřídel přenášen na rotor dmychadla (sací strana turbodmychadla) a ten stlačuje nasávaný vzduch do motoru.

Většina motorů, které se dnes vyrábí, je vybavena přímým vstřikováním paliva, které umožňuje přesné řízení spalování ve válci. Díky nasazení technologie přeplňování a přímého vstřikování dosahují tyto motory výkonů, kterými dříve disponovaly motory o 2krát větším objemu. Dobrým příkladem je dnešní Octavia s tříválcovým motorem 1.0 TSI (85 kW, 200 Nm). Takovým to výkonem disponovala ŠKODA Octavia první generace s čtyřválcovým zážehovým atmosférickým agregátem o objemu 2 litry (85 kW, 172 Nm). Navzdory dvakrát menšímu objemu dosahuje dnešní Octavie převážně díky přeplňování a přímému vstřikování o téměř 30 Nm vyššího točivého momentu, než měla Octavie první generace s výše zmiňovanou pohonnou jednotkou. Dále výrobce udává u Octavie 1,0 TSI kombinovanou spotřebu 4,5 l/100 km a produkci emisí CO₂ 104g/km. U ŠKODY Octavia první generace s motorem 2,0 i výrobce udával kombinovanou spotřebu 8,1 l/100 km a produkci emisí CO₂ 194g/km. Právě fakt, že dnešní modely

automobilů pohání až 2krát menší motory, než totožné modely před 15 lety potvrzuje nesmírnou přísnost a náročnost emisních limitů. Downsizing se doposud ukázal jako jedna z cest, jak splňovat náročnou legislativu ohledně emisí škodlivin a zároveň jak vyhovět přáním zákazníků.

Jako každá z technologií má i downsizing své výhody a nevýhody. Jak již bylo uvedeno výše, menší motory mají menší hmotnost, menší setrvačné síly a menší třecí plochy. To má za následek nižší spotřebu paliva a nižší produkci emisí. Nižší hmotnost motoru pozitivně ovlivňuje jízdní vlastnosti a dynamiku automobilu. Zástavbou menšího a lehčího motoru lze odlehčit a prostorově modifikovat karoserii, kde je možné ušetřené místo využít pro interiér vozu. Dále přeplňované motory disponují vyšším točivým momentem při nižších otáčkách, ve kterých je z hlediska spotřeby vhodné motor provozovat – to má za následek nižší emise škodlivin. Díky downsizingu a tedy nasazení nových součástí motoru, jako turbodmychadlo či vysokotlaké vstřikování paliva, se motory staly ale mnohem dražší, komplexnější, konstrukčně náročnější, ale i mechanicky a tepelně více namáhané. Z těchto důvodů jsou u těchto motorů servisní úkony náročnější a servisní náklady tak vyšší.

3.3 Snižování hmotnosti

Dalším velmi účinným řešením pro snižování emisí automobilů je redukce jejich pohotovostní hmotnosti. Nižší hmotnost vozu nemá pozitivní vliv pouze na jeho spotřebu paliva a emise, nýbrž i na zlepšení jízdních výkonů a zlepšení jízdních vlastností. Např. odlehčíme-li karoserii automobilu, lze pak pro její odpružení použít lehčí tlumiče. Pro dostatečný brzdový účinek lehčího automobilu lze použít méně dimenzovanou a tím pádem také lehčí brzdovou soustavu. Dále pro podélnou dynamiku lehčího automobilu postačí nakonec menší, lehčí a samozřejmě úspornější motor (Biskup, 03/2012, automobilrevue.cz). Hmotnost automobilu má tedy významný vliv na jeho základní parametry.

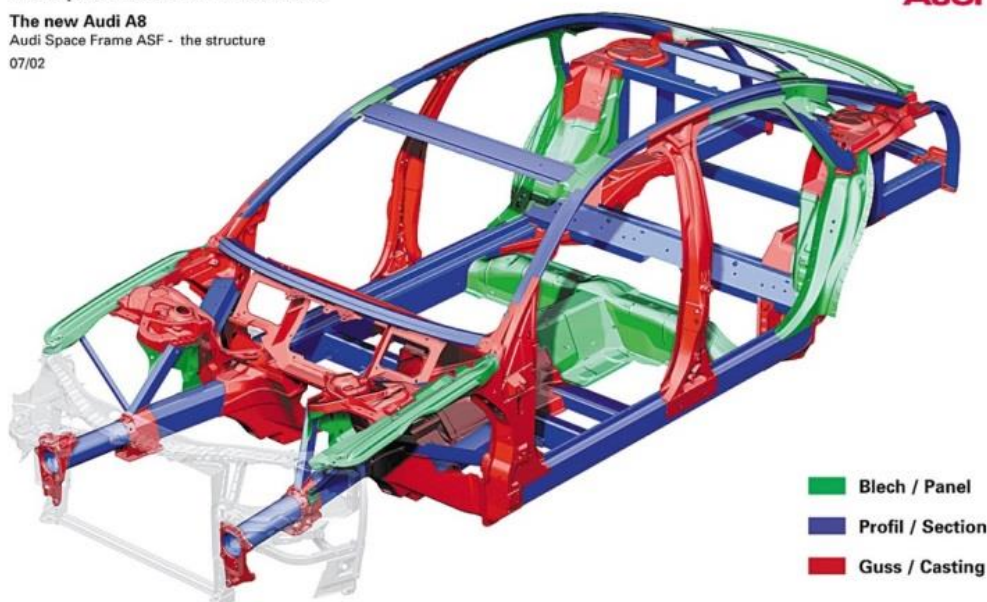
3.3.1 Snižování hmotnosti karoserie

Významné snižování hmotnosti se uplatňuje při konstrukci karoserií automobilů. Do konce 20. století se vyráběly karoserie převážně z nízkopevnostních ocelí. Dnešní karoserie automobilů jsou již z významné části vyrobené ze zatepla tvářené vysokopevnostní oceli. Za tepla tvářené plechy a profily mají nižší

hmotnost a vyšší pevnost než ty tvářené za studena a tak lze na stejnou konstrukci použít méně materiálu a uspořít tak na hmotnosti (Vokáč, 01/2013, auto.idnes.cz). Díky vysokopevnostní oceli je karoserie mimo jiné tužší a bezpečnější při nárazu.

Dalším trendem při konstrukci karoserií je používání hliníku. Využíváním hliníku při stavbě karoserií se nejvíce proslavila automobilka AUDI, která jako první výrobce automobilů uvedla do prodeje vůz s celohliníkovou karoserií. Jednalo se o luxusní model A8, poté následoval i nejmenší vůz značky AUDI A2, u jehož celohliníkové karoserie výrobce uváděl snížení hmotnosti o 43 % oproti běžné karoserii (audi-technology-portal.de, 2011). Právě hmotnost hliníku (zhruba třetinová oproti oceli) tvoří klíčovou vlastnost pro využití tohoto materiálu při stavbě karoserií. Díky horším mechanickým vlastnostem hliníku a jeho slitin nelze hliníkovou karoserii stavět identicky jako karoserii ocelovou. Aby hliníková karoserie neztratila tuhost a pevnost, použila AUDI nosný prostorový hliníkový rám tzv. AUDI Space Frame (audi-technology-portal.de, 2011). Další významnou výhodou hliníkových karoserií či částí karoserií jsou vynikající antikoroziční vlastnosti.

Der neue Audi A8
Audi Space Frame ASF - Die Struktur
The new Audi A8
Audi Space Frame ASF - the structure
07/02



Zdroj: audi-technology-portal.de

Obr. 13: AUDI Space Frame

Z důvodu vysoké ceny hliníku se dnes ovšem celohliníkové karoserie vyrábějí jen pro luxusní, drahé automobily jako AUDI R8 či Lamborghini Huracán. Snižování hmotnosti karoserie aplikací hliníku docilují někteří výrobci aut převážně montáží hliníkových kapot, blatníků či pátých dveří automobilu a nosné části karoserie jsou pak vyrobeny z konvenční oceli.

Podstatně vyšší uplatnění v konstrukci karoserií našly plasty. Zatím netvoří nosné části karoserie, ale ve většině dnešních automobilů tvoří vnější části karoserie. Nejčastěji jde o nárazníky, blatníky či kryty prahů. Ve výjimečných případech (sportovní vozy) jsou z plastu vyrobeny i okna, kvůli jejich nižší hmotnosti. Aplikace plastů se prosadila z důvodů jejich vhodných vlastností jako je nízká hmotnost, nekorodující materiál, dostatečná tuhost a pevnost ale zároveň vhodná deformovatelnost tohoto materiálu. Z tohoto důvodu je před (nárazník, maska) dnešních automobilů plastová, čímž se omezuje riziko vážnějšího poranění chodců. Nevýhodou plastů je jejich obtížná opravitelnost.

Prémioví výrobci automobilů začali implementovat do sériové výroby v rámci svých nejdražších a nejluxusnějších modelů části karoserií vyrobených z uhlíkových vláken. Příkladem je střecha z uhlíkových vláken pro BMW M3 či AUDI RS5 nebo jednodílný samonosný trup karoserie tzv. monokok z uhlíkových vláken v Alfě Romeo 4C, který váží pouhých 65 kg. Výhodou kompozitových dílů je jejich nízká hmotnost a vysoká pevnost a tuhost. Důvod, proč je tato technologie v automobilech jen naprosto minimálně rozšířená, netkví pouze ve vysokých finančních nákladech na materiál a jeho zpracování, nýbrž i ve výrobě těchto dílů, která se vyznačuje časovou náročností a obtížnou automatizací.



Zdroj: schloss-garage.com

Obr. 14: Karbonový jednodílný samonosný trup karoserie Alfy Romeo 4C

3.3.2 Snižování hmotnosti v oblasti pohonného ústrojí a podvozku

Velký potenciál pro snižování hmotnosti má dále pohonné ústrojí či podvozek. Např. u mnoha výrobců automobilů je možné vidět, že opouštějí litinové bloky motorů a nahrazují je hliníkovými. Dále někteří prémioví výrobci jako např. Alfa Romeo u svých modelů s klasickou koncepcí, resp. s pohonem všech kol, používají kardanový hřídel z uhlíkových vláken. AUDI přišla s odlehčením podvozku, konkrétně s plastovými vinutými pružinami, které jsou o 40 % lehčí než ocelové a na celém autě se tak díky jejich nasazení uspoří 4,5 kg (Halamka, auto.idnes.cz, 07/2014). Některé sportovní vozy disponují lehčenými nápravami ze slitin hliníku či karbonkeramickými kotouči, jejichž hmotnost oproti ocelovým je zhruba čtvrtinová.

„Snížením hmotnosti automobilu o 100 kg klesne spotřeba paliva zhruba o 0,3 l/100 km. Převáděno na množství emisí CO₂ jde tedy o redukci sedmi gramů na ujetý kilometr“ (Biskup, automobilrevue.cz, 03/2012).

Hmotnost automobilu má tedy významný vliv na jeho spotřebu paliva a produkci emisí. Kvůli přísným emisním normám výrobci automobilů kladou velký důraz na odlehčování automobilů a investují velké finanční prostředky do nových technologií, jejichž příklady byly popsány výše.



Zdroj: auto.idnes.cz

Obr. 15: Skelnými vlákny vystužená plastová pružina (vlevo), konvenční ocelová pružina (vpravo)

3.4 Další možnosti zvyšování ekologické šetrnosti automobilů

Někteří výrobci automobilů našli potenciály u svých pohonných jednotek v efektivnějším spalování a v úspoře spotřebovávaného paliva a používají technologii **vypínání válců ACT** (Active Cylinder Technology). Když je motor málo zatížen, dochází k automatickému vypnutí poloviny válců motoru a snižuje se tím tak jeho spotřeba paliva a produkce emisí. Jakmile řidič akcelerátorem vyvolá vyšší potřebu výkonu motoru, zapnou se tak okamžitě automaticky všechny válce, aby tak byl vyvolaný potřebný výkon motoru hned dostupný. Koncern Volkswagen využívá této technologie u svých zážehových čtyřválcových, šestiválcových, osmiválcových a desativálcových motorů.

Šetřit palivo lze i **regenerativním brzděním** neboli **rekuperací brzdné energie**. „Regenerativní brzdění umožňuje přeměnu mařené kinetické energie na takovou formu energie, kterou lze uchovat a později znovu využít. Nejčastěji bývá kinetická energie automobilu přeměňována na elektrickou a uchovávána např. v bateriích“ (Sajdl, autolexicon.net).

U automobilů bez rekuperace brzdné energie tak při brzdění vzniká pouze energie tepelná, která je dále nevyužitelná. U automobilu s regenerativním brzděním je při brzdění posílena funkce alternátoru tzn., že automobil více brzdí motorem, protože alternátor odebírá více mechanické energie motoru a vzniká tak přepětí na alternátoru, které může být využito spotřebiči nebo uchováno v akumulátoru (Sajdl, autolexicon.net).

V případě že automobil akceleruje či jede konstantně, je pak funkce alternátoru oslabena, tzn., motor není alternátorem zatížen a dosahuje tak nižší spotřeby paliva a nižší produkce emisí. V tomto případě jsou spotřebiče napájeny energií z akumulátoru a k dobití akumulátoru tak dojde při dalším brzdění automobilu (Sajdl, autolexicon.net).

Dalším systémem snižujícím udávanou kombinovanou spotřebu paliva automobilů je **Start/Stop**. Systém Start/Stop je zařízení, které v případě klidového stavu automobilu – tzn., vůz nejede, ale motor běží tzv. „na volnoběh“ např. při stání na červenou či v dopravní zácpě, automaticky vypíná motor. Jakmile se ale řidič chce rozjet, motor se automaticky nastartuje a vůz se může rozjet stejně rychle, jako kdyby býval motor celou dobu běžel. V případě manuální převodovky se nastartuje

okamžitě po sešlápnutí spojkového pedálu, u automatické převodovky se motor nastartuje okamžitě po uvolnění brzdového pedálu. Výhody tohoto systému jsou patrné pouze v hustém městském provozu, kde se projeví delší intervaly stání automobilu a motor vozidla v těchto intervalech neběží, tzn., nespotřebovává palivo a neprodukuje emise. Firma BOSCH jako vynálezce tohoto zařízení uvádí snížení spotřeby paliva a emisí CO₂ (v závislosti na vozidle) až o 8 % (Sajdl, autolexicon.net).

Vliv na spotřebu paliva automobilu a na jeho produkci emisí má z části valivý odpor. Snížení valivého odporu lze dosáhnout obutím **speciálních pneumatik s nízkým valivým odporem**. Automobil poté dosahuje nižší spotřeby paliva a nižší produkce emisí. Tento druh pneumatik disponuje nižším valivým odporem z důvodu použití speciální pryžové směsi. Nižšího valivého odporu dosahují pneumatiky také modifikovaným dezénem a vyšším předepsaným provozním tlakem. Díky modifikované tvrdší pryži a tvrdším bočnicím pneumatiky mají tyto pláště delší životnost, což tvoří jak z ekonomického, tak z ekologického hlediska jisté plus.

4 Analýza vybraných parametrů ekologických automobilů konkurenčních značek

V této kapitole bakalářské práce budou analyzovány tři aktuálně vyráběné ekologické modely automobilů konkurenčních značek na základě předem stanovených parametrů. Každý z těchto automobilů patří do nižší střední třídy a primárně používá k ekologicky šetrnému provozu jinou techniku. Všechny automobily jsou vybaveny manuální převodovkou a spalovacím motorem o výkonu od 81-103 kW. Automobilům byly přiřazeny výbavové stupně tak, aby z hlediska výbavy byly co možná nejvíce podobné a dala se tak srovnávat i pořizovací cena automobilu. Prvním zástupcem je ekologický hatchback **Volkswagen Golf Bluemotion** s tříválcovým benzinovým motorem 1,0 TSI o výkonu 85 kW, který je typickým představitelem downsizingu. Další dva ekologické modely využívají agregáty spalující mimo klasického benzínu také alternativní paliva. Jde o ekologický liftback **ŠKODA Octavia G-TEC**, jejíž přeplňovaná pohonná jednotka o objemu 1,4 l s výkonem 81 kW byla vyvinuta jak pro provoz na benzin, tak pro provoz na stlačený zemní plyn (CNG). Posledním zástupcem je ekologický sedan **Opel Astra Classic ecoFLEX** s přeplňovaným motorem 1,4l TURBO o výkonu 103 kW spalující jak benzin, tak LPG.

4.1 Volkswagen Golf Bluemotion

Volkswagen Golf je nejprodávanějším automobilem v Evropě. V roce 2014 byla překročena hranice 30 000 000 vyrobených kusů tohoto modelu. První generace Golfu byla k dostání v roce 1974. Současný model tvoří již sedmou generaci Golfu a v listopadu 2016 byla představena omlazená varianta (facelift) tohoto modelu. Volkswagen Golf je nabízen v několika derivátech. V rámci této bakalářské práce bude analyzován hatchback Volkswagen Golf Bluemotion ve výbavovém stupni Trendline, který je se svým novým motorem 1,0 TSI nejekonomičtější a nejekologičtější zástupcem na konvenční paliva z celé rodiny Volkswagenu Golf.

Právě nový, turbodmychadlem přeplňovaný tříválcový motor 1,0 TSI významně napomohl ekonomičnosti a ekologické šetrnosti provozu Volkswagenu Golf Bluemotion. Celý agregát váží pouhých 78 kg. Volkswagen použil při vývoji tohoto motoru nejmodernější technologie, aby dosahoval co nejvyšší účinnosti a efektivity. „Hliníkové písty a kované ojnice jsou tak dobře vyvážené, že chod

motoru je kultivovaný i bez vyvažovací hřídele“ (media.skoda-auto.com, 06/2016). Její absence tak ušetřila na hmotnosti motoru. „Hmotnost klikové hřídele je nízká a ztráty vzniklé třením jsou velmi malé“ (media.skoda-auto.com, 06/2016). Výsledkem tak jsou pozoruhodné hodnoty tohoto tříválcového motoru o objemu 999 cm³.

Volkswagen Golf Bluemotion tak disponuje výkonem 85 kW a točivým momentem 200 Nm. Také díky pokrokové aerodynamice a nízké pohotovostní hmotnosti (ve výbavovém stupni Trendline = 1211 kg) dosahuje tento vůz kombinované spotřeby benzínu 4,5 l/100 km a emisí CO₂ 105 g/km. Pořizovací cena Volkswagenu Golf Bluemotion ve výbavovém stupni Trendline činí 472 900 Kč. Volkswagen Golf Bluemotion tak patří mezi technologicky nejpokrokovější hatchbacky, a tvoří tak benchmark ve své třídě.



Zdroj: carenthusiast.com

Obr. 16: Volkswagen Golf Bluemotion

4.2 ŠKODA Octavia G-TEC

ŠKODA Octavia je nejvýznamnějším a nejprodávanějším modelem značky ŠKODA AUTO. První generace se začala prodávat v roce 1996. Aktuální model tvoří již třetí generaci a v říjnu roku 2016 byla představena modernizace (facelift) třetí generace Octavie. Již ŠKODA Octavia první generace sdílela společnou platformu v rámci koncernu VW. Konkrétně šlo o platformu s označením PQ34, kterou mimo jiné využíval Volkswagen Golf čtvrté generace či AUDI A3. Aktuální model ŠKODY Octavie využívá rovněž společnou platformu v rámci koncernu VW

s označením MQB (Modularer Querbaukasten), kterou také využívá např. výše popsaný Volkswagen Golf Bluemotion či ŠKODA Superb B8 nebo aktuální AUDI A3. Tato platforma se díky značnému využití vysokopevnostní oceli a hliníku vyznačuje vysokou tuhostí, pevností a nízkou hmotností. Automobilům postavených na bázi této platformy to tak zajišťuje velmi dobré jízdní vlastnosti.

ŠKODA Octavia se prodává v několika verzích a derivátech. V rámci této bakalářské práce bude analyzován liftback ŠKODA Octavia G-TEC ve výbavovém stupni Ambition. Je to vůbec první Octavia spalující CNG. Automobilka ŠKODA AUTO tímto modelem cílí na zákazníky, kteří chtějí praktický dostupný liftback s nízkými náklady na provoz a který je šetrný k životnímu prostředí. Tyto aspekty ŠKODA Octavia G-TEC splňuje velice přesvědčivě. Dvoupalivový přeplňovaný motor 1,4 TSI s výkonem 81 kW a točivým momentem 200 Nm je schopen spalovat jak benzin, tak CNG. Díky dvěma nádržím na CNG, které pojmu 97 l resp. 15 kg CNG a jedné 50l benzinové nádrži činí dojezd udávaný výrobcem až 1330 km na jedno natankování obou paliv. „Jen čistě na CNG ujede automobil 410 km. Kombinovaná spotřeba činí 5,4 m³ (3,5 kg) zemního plynu na 100 km, to odpovídá emisím pouhých 97 g CO₂/km. Při jízdě s vozem ŠKODA Octavia G-TEC na stlačený zemní plyn činí náklady na palivo v kombinovaném cyklu méně než 1 Kč/km“ (skoda-auto.cz, 05/2014). ŠKODU Octavii G-TEC ve výbavovém stupni Ambition lze pořídit za 504 900 Kč.



Zdroj: auto.cz

Obr. 17: ŠKODA Octavia G-TEC

4.3 Opel Astra Classic ecoFLEX 1,4 TURBO LPG

Automobilka Opel nabízí jako jeden z mála výrobců tovární vozy na LPG. Doplnuje tak nabídku svých CNG vozů automobily schopné spalovat další alternativní palivo. Automobily na LPG tak Opel vyplňuje jistou mezeru na trzích, kde je LPG zažité jako výhodné, ekologické palivo s dostatečným zázemím čerpacích stanic. Opel Astra spalující LPG je dostupný pouze ve verzi karoserie sedan. Automobil nese přívlastek ecoFLEX. Rodina modelů Opel ecoFLEX přináší řadu technologií, které společně pomáhají snížit spotřebu paliva a emise škodlivin. K dosažení vyšší ekonomičnosti a ekologické šetrnosti provozu modely s označením ecoFLEX používají pneumatiky s nízkým valivým odporem, snížený podvozek, delší převodové poměry, systém Start/Stop či rekuperaci brzděné energie. Tyto vozy mají i modifikovanou aerodynamiku. Používají např. aktivní větrací lamely regulující proudění vzduchu do chladičů, či mají upravené tvary nárazníků a kol pro zamezení vzniku nežádoucího víření vzduchu. Opel Astra Classic ecoFLEX je dále vybavený řadou asistentů napomáhajících dosažení nižší spotřeby paliva. Příkladem je balíček asistentů ecoFLEX Drive Assist, který ukazuje, kdy je vhodné zařadit jiný rychlostní stupeň, aby bylo dosaženo nejnižší spotřeby paliva. Dále zobrazuje systémy, které odebírají nejvíce energie a informuje tak řidiče, zda je potřeba nechávat aktivní (opel.cz).

Opel Astra Classic ecoFLEX pohání dvoupalivový přeplňovaný motor o objemu 1364 cm³ a výkonu 103 kW. Točivý moment tohoto motoru činí 200 Nm. Při provozu na alternativní palivo LPG výrobce udává, že v kombinovaném cyklu produkuje Astra Classic ecoFLEX 123 g CO₂ na jeden ujetý kilometr. Palivové nádrže na zkapalněný LPG a klasický benzin zaručují při plném natankování vysoký dojezd automobilu (více jak 1000 km). Pořizovací cena praktického sedanu Opel Astra Classic ecoFLEX 1,4 TURBO LPG činí 518 900 Kč.



Zdroj: williamshunt.co.za

Obr. 18: Opel Astra Classic ecoFLEX

5 Analyzované parametry

Výše uvedené modely automobilů budou porovnány na základě 10 parametrů udávaných výrobcem. Parametry budou rozděleny do 3 skupin na parametry ekologické, technické a praktické. Po provedení analýzy bude tak možné konstatovat nejen jaký z automobilů má celkově nejlepší parametry, ale budou se tak dát porovnat jednotlivé stěžejní oblasti automobilu, které jsou u těchto vozů pro zákazníky důležité.

Kategorie	Volkswagen Golf Bluemotion	ŠKODA Octavia G-TEC	Opel Astra Classic ecoFLEX
Ekologické parametry			
Hmotnost [kg]	1211	1394	1492
Emise CO ₂ [g/km]	105	94	123
Součinitel odporu vzduchu cx	0,28	0,312	0,29
Technické parametry			
Výkon [kW]	85	81	103
Točivý moment [Nm]	200/(2000-3500) ot/min	200/(1500-3500) ot/min	200/(1850-4900) ot/min
Komb. spotřeba benzínu [l/100 km]	4,5	5,3	5,9
Praktické parametry			
Náklady na palivo po ujetí 100 km při komb. spotřebě [Kč]	132,30	94,90	95,80
Objem zav. prostoru [l]	380	460	460
Užitečná hmotnost [kg]	574	559	548
Pořizovací cena [Kč]	472 900	504 900	518 900

Zdroj: Technické údaje uváděné výrobcí vozidel a interní zdroje AUDI AG

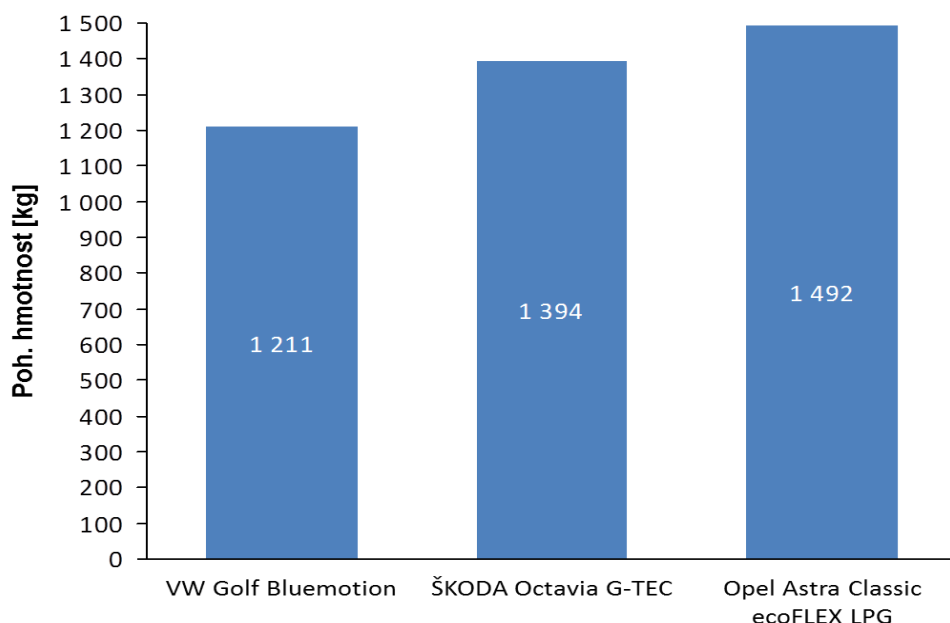
Tab. 1: Přehled analyzovaných parametrů a jejich hodnot

5.1 Pohotovostní hmotnost

Pohotovostní hmotnost je jedním ze základních parametrů automobilů, který ovlivňuje jízdní vlastnosti automobilu, jeho spotřebu paliva a tím pádem také produkci škodlivin. Z důvodů přísných emisních norem se tak ještě nedávný trend stálého zvětšování automobilů a navyšování jejich hmotnosti významně zpomalil a

výrobci tak pomocí aplikace sofistikovanějších materiálů jako vysokopevnostních ocelí, plastů, hliníku či kompozitů začali vyrábět auta lehčí, aniž by tak museli snižovat výbavu či bezpečnost automobilů.

V případě porovnávaných automobilů z uvedených materiálů mají největší zastoupení vysokopevnostní oceli a plasty. V rámci pohonu (motor, převodovka) se také významně využívá hliník. Přestože všechny tři porovnávané vozy patří do stejného segmentu a vývojově jsou přibližně stejně staré (rok 2012), je mezi nejtěžším a nejlehčím zástupcem rozdíl v pohotovostní hmotnosti 281 kg. Faktem je, že nejlehčího zástupce Volkswagen Golf Bluemotion s pohotovostní hmotností 1211 kg pohání velmi lehký celohliníkový konvenční zážehový motor o objemu 999 cm³ a hmotnosti 78 kg. Nejtěžší zástupce zvolené trojice je Opel Astra Classic ecoFLEX, který pohání o více jak třetinu větší motor 1,4 TURBO schopný spalovat jak benzin, tak LPG. Palivo LPG je v Opelu uchováváno v ocelové nádrži umístěné pod zavazadlovým prostorem. Tato plně natankovaná nádrž váží 72 kg a z hlediska definice pohotovostní hmotnosti musí být spolu s benzinovou nádrží o objemu 56 l při vážení z 90 % naplněna. Díky nepříliš vysokému důrazu na eliminaci hmotnosti ve vývojové fázi automobilu Opel Astra Classic 1,4 TURBO LPG činí jeho pohotovostní hmotnost 1492 kg. Posledním zástupcem je ŠKODA Octavia G-TEC, jejíž přeplňovaná pohonná jednotka o objemu 1,4 l byla vyvinuta pro spalování benzínu a CNG. Z tohoto důvodu má i Octavia G-TEC pod podlahou zavazadlového prostoru ocelové nádrže. Pohotovostní hmotnost ŠKODY Octavie G-TEC tvoří 1394 kg.



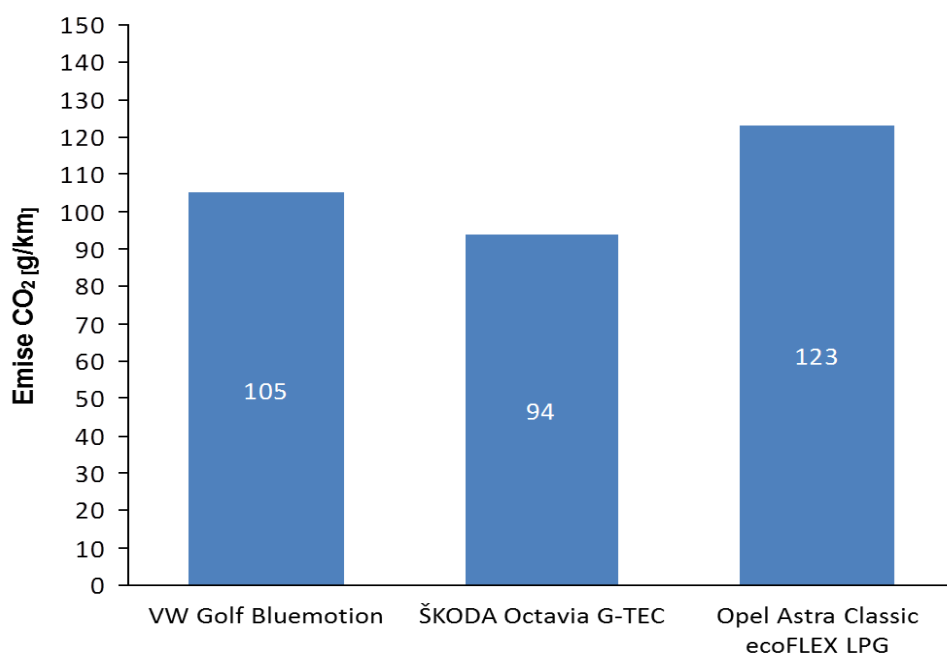
Obr. 19: Porovnání pohotovostní hmotnosti

5.2 Emise CO₂

Oxid uhličitý se stal synonymem a měřítkem ekologické šetrnosti moderních automobilů (Sajdl, autolexicon.net). Z důvodů ochrany životního prostředí jsou výrobci automobilů nuceni splňovat platné ekologické normy. Produkce CO₂ je povinným údajem, který musí výrobci u každého svého modelu zveřejňovat. Údaj o emisích CO₂ vychází ze stejného testu jako spotřeba paliva automobilu. Oxid uhličitý vzniká v rámci procesu spalování, tzn., čím více paliva automobil spálí, tím vyšší bude mít udávané emise CO₂. I z tohoto důvodu se obě veličiny měří při současně platném testu NEDC. Produkce emisí CO₂ se udává v gramech na ujetý kilometr v kombinovaném cyklu [g/km]. V současnosti platí emisní norma EURO 6, která ovšem množství produkovaného CO₂ přímo neřeší, ale udává limitní hodnoty množství oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NOx) a množství pevných částic (PM) (Sajdl, autolexicon.net). Právě produkce oxidu uhelnatého přímo souvisí s produkcí oxidu uhličitého, jelikož katalyzátor procesem oxidace přeměňuje CO na CO₂.

Nejnižší hodnotou produkce CO₂ se chlubí ŠKODA Octavia G-TEC (94g/km). Této hodnoty dosahuje při provozu na ekologické palivo CNG. Při provozu na benzin produkce CO₂ tvoří 124g/km. Druhou nejnižší hodnotu emisí CO₂ dosahuje Volkswagen Golf Bluemotion se 105 g/km. Takovýchto hodnot dosahuje Golf

Bluemotion s konvenčním motorem na benzin převážně díky mimořádně nízké hmotnosti (1211 kg), nízkému koeficientu aerodynamického odporu ($c_x = 0,28$) a efektivnímu maloobjemovému přeplňovanému motoru o objemu $0,999 \text{ cm}^3$ s výkonem 85 kW. Opel Astra Classic ecoFLEX při provozu na LPG dosahuje 123 g/km emisí CO_2 . Při jízdě na benzin vykazuje 137 g/km CO_2 . Těchto horších hodnot produkce CO_2 dosahuje Opel převážně kvůli vyšší pohotovostní hmotnosti. Negativní vliv na ekologii tohoto vozu má i absence přímého vstřikování.



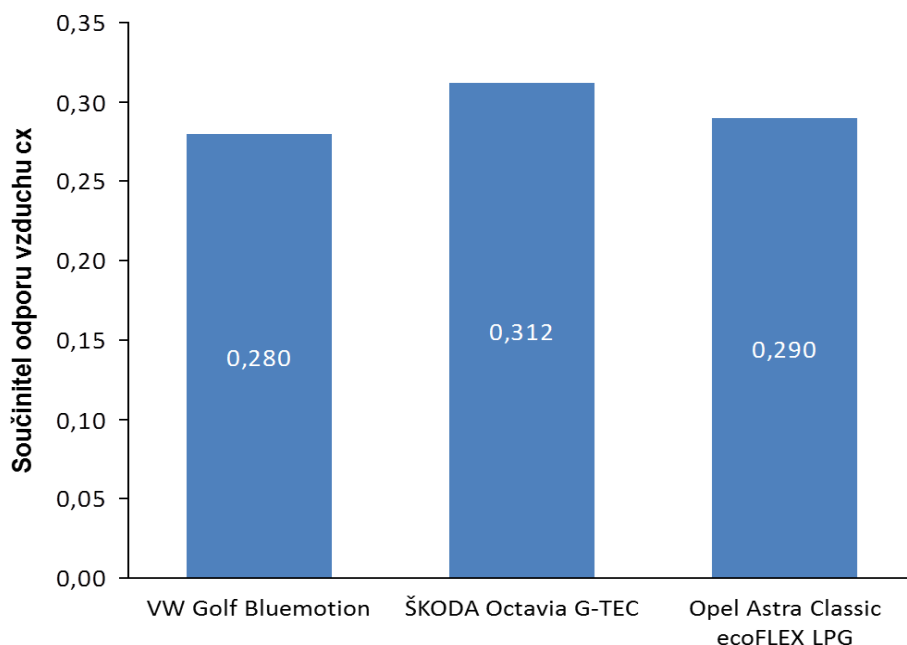
Obr. 20: Porovnání emisí CO_2

5.3 Koeficient odporu vzduchu c_x

U Volkswagenu Golf Bluemotion a Opelu Astra Classic ecoFLEX se odehrálo několik aerodynamických úprav. Oba zástupci mají snížený podvozek a optimalizované zakrytí podvozku. Dále Golf Bluemotion má téměř zakrytou masku chladiče, Opel Astra Classic ecoFLEX používá aktivní větrací lamely. Také přední nárazníky a kola obou zástupců byly upraveny pro lepší proudění vzduchu. Volkswagen Golf Bluemotion použil zadní spoiler pro lepší proudění vzduchu a zamezení vzniku vírů.

ŠKODA Octavia G-TEC požívá z výše uvedených prvků pro snížení odporu vzduchu pouze částečně uzavřenou mřížku chladiče. I proto má z testované trojice v rámci koeficientu odporu vzduchu nejhorší hodnoty, a sice $c_x = 0,312$.

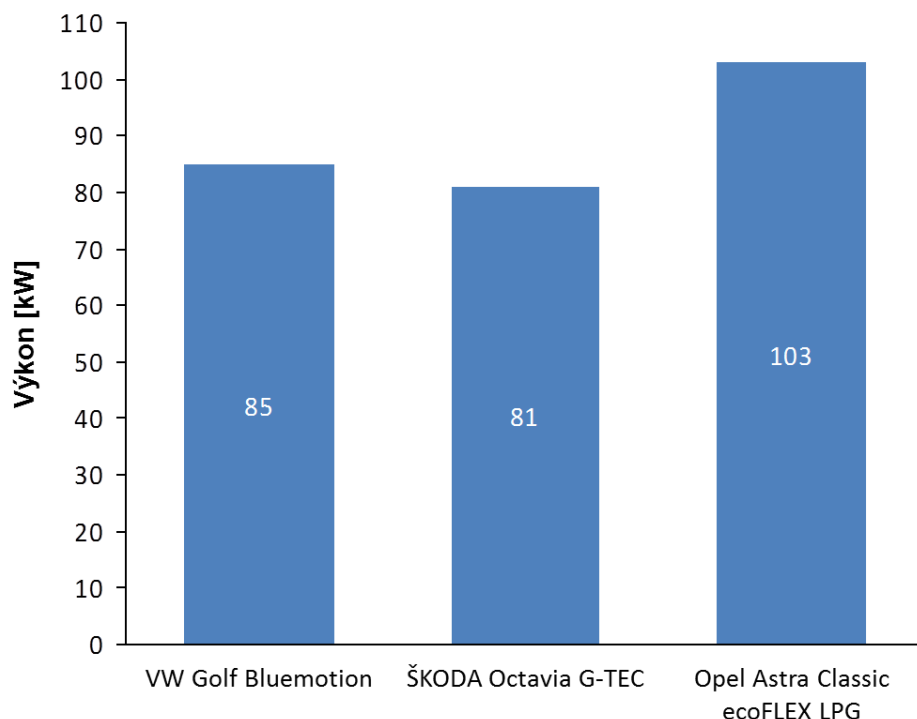
Opel Astra Classic ecoFLEX dosahuje hodnoty $c_x = 0,29$ a Volkswagen Golf Bluemotion $c_x = 0,28$.



Obr. 21: Porovnání součinitelů odporu vzduchu c_x

5.4 Výkon

Ze zkoumaných ekologických modelů automobilů dosahuje nejvyššího výkonu Opel Astra Classic ecoFLEX s přeplňovaným motorem 1,4 TURBO o výkonu 103 kW. Na místě druhém je tříválcový přeplňovaný motor 1,0 TSI s výkonem 85 kW ve Volkswagenu Golf Bluemotion. Nejslabším z testované trojice je ŠKODA Octavia G-TEC s přeplňovaným motorem 1,4 TSI o výkonu 81 kW. V tomto případě se tedy nedá říct, že čím větším objemem motor disponuje, tím větší výkon má. Ovšem výkony pohonných jednotek této trojice musí být porovnávány s jistou rezervou, neboť kdyby ŠKODA Octavia měla motor o stejném objemu 1,4 TSI určený pouze pro spalování benzínu, disponovala by pak výkonem 110 kW. Z technických důvodů a udržení vysokého akčního rádiu byl tak motor v Octavii G-TEC optimalizován na nižší výkon 81 kW. Opel Astra Classic s motorem 1,4 TURBO spalující výhradně benzin dosahuje identického výkonu (103 kW) jako s motorem spalujícím alternativní LPG/benzin.



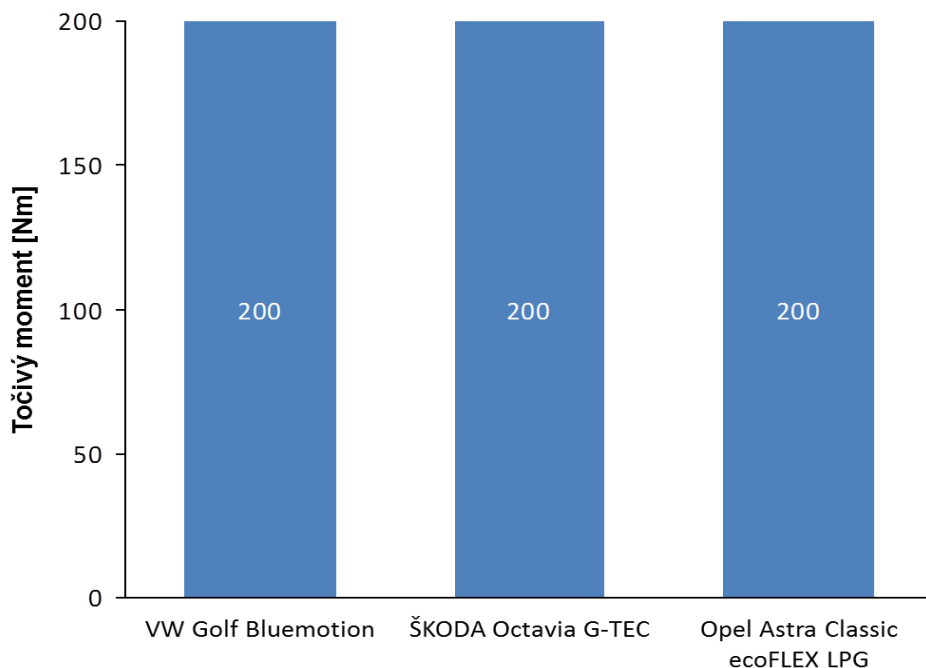
Obr. 22: Porovnání výkonu

5.5 Točivý moment

Síla, kterou motor působí na páku (hnací hřídel) se označuje jako točivý moment motoru. Čím vyšším točivým momentem automobil disponuje, tím dynamičtější jízda s takovým automobilem je. Ovšem reálné zrychlení automobilu ovlivňuje také nastavení převodů v převodovce. Čím kratší převody, tím menší rychlosti automobil dosáhne, ale na kola působí o to větší točivý moment a automobil tak rychleji akceleruje (Rameš, 07/2012, icmn.cz). Z důvodů ekologie se v manuálních převodovkách dnešních automobilů používají převážně převody dlouhé, aby motor pracoval v nižších otáčkách a produkoval tak méně emisí škodlivin. Automatické převodovky dnes mívají běžně 7 a více stupňů, aby tak v širokém rozsahu rychlosti automobilu mohl jeho motor běžet v nízkých otáčkách a produkovat méně škodlivin. Horší dynamiku způsobenou delšími převody kompenzuje v dnešní době přeplňování motorů, které posunulo oblast nejvyššího točivého momentu právě do nižší oblasti otáček, kde motor pracuje nejčastěji. Přeplňování je dnes rozšířené ve většině nabízených automobilů.

Všichni zástupci z testované trojice ekologických automobilů disponují totožným točivým momentem motoru, a sice 200 Nm. Volkswagen Golf Bluemotion

dosahuje maxima točivého momentu 200 Nm v rozmezí otáček 2000 - 3500 1/min. ŠKODA Octavia G-TEC má spektrum nejvyššího točivého momentu ještě o 500 otáček širší, a sice v rozmezí 1500 - 3500 1/min. Jednoznačně nejlepší průběh maximálního točivého momentu má Opel Astra Classic ecoFLEX, u kterého je 200 Nm k dispozici od 1850 - 4900 1/min.



Obr. 23: Porovnání točivého momentu

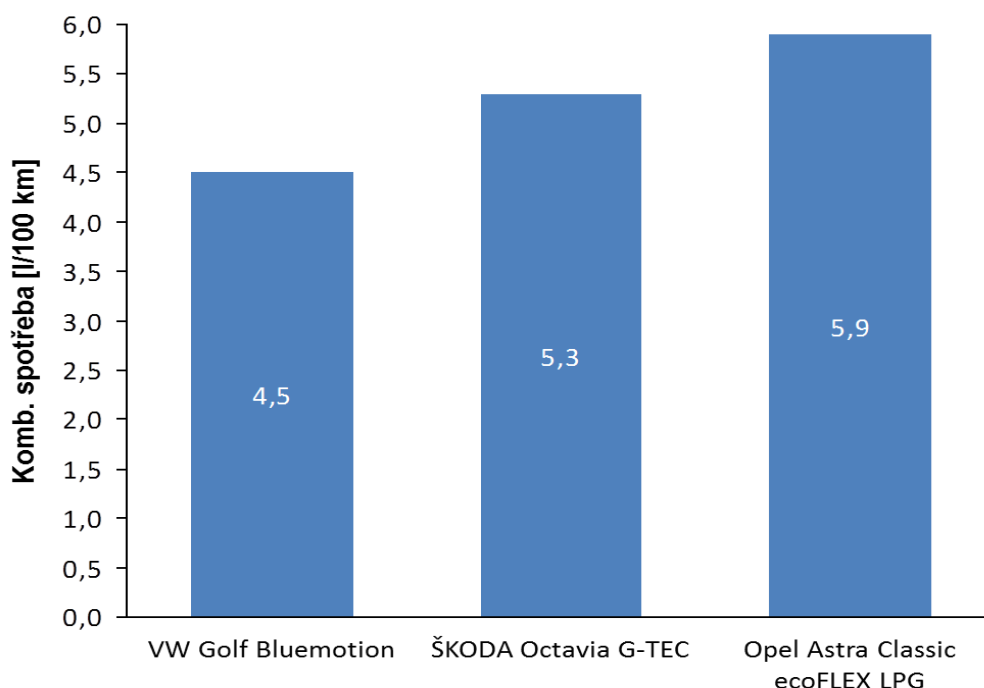
5.6 Kombinovaná spotřeba paliva

Je stejně jako produkce CO₂ měřena v rámci cyklu NEDC. Jak již bylo zmíněno v teoretické části této práce, aktuálně platné testy NEDC neodpovídají realitě provozu automobilů, a proto je dosažení tabulkových hodnot spotřeby udávaných výrobcem v reálném provozu velmi obtížné. Z tohoto důvodu v roce 2017 vstoupí v platnost nové testy, které se budou vyznačovat prudší akcelerací, vyššími rychlostmi a delším průběhem (Vokáč, 10/2016, auto.idnes.cz).

Opel Astra Classic ecoFLEX a ŠKODA Octavia G-TEC udávají svojí kombinovanou spotřebu jak pro provoz na benzin, tak na dané alternativní palivo. Jelikož mají benzin, CNG i LPG jiné energetické vlastnosti, nelze jejich spotřebu porovnávat ani ve stejných měrných jednotkách. Z tohoto důvodu bude nejdříve porovnána kombinovaná spotřeba benzínu všech třech zástupců. Následně na základě kombinované spotřeby alternativních paliv u Opelu, ŠKODY a

kombinované spotřeby benzínu u Volkswagenu budou porovnány náklady na PHM po ujetí 100 km podle aktuálních průměrných cen benzínu, CNG a LPG v ČR.

Nejnižší udávanou kombinovanou spotřebu benzínu z porovnávané trojice ekologických automobilů má Volkswagen Golf Bluemotion a sice 4,5 l klasického bezolovnatého naturalu 95 na ujetých 100 km. Uprostřed se umístila ŠKODA Octavia G-TEC se spotřebou 5,3 l/100 km. Nejtěžší ze zástupců Opel Astra Classic ecoFLEX vykazuje tak z porovnávané trojice nejvyšší kombinovanou spotřebu benzínu, a sice 5,9 l/100 km.

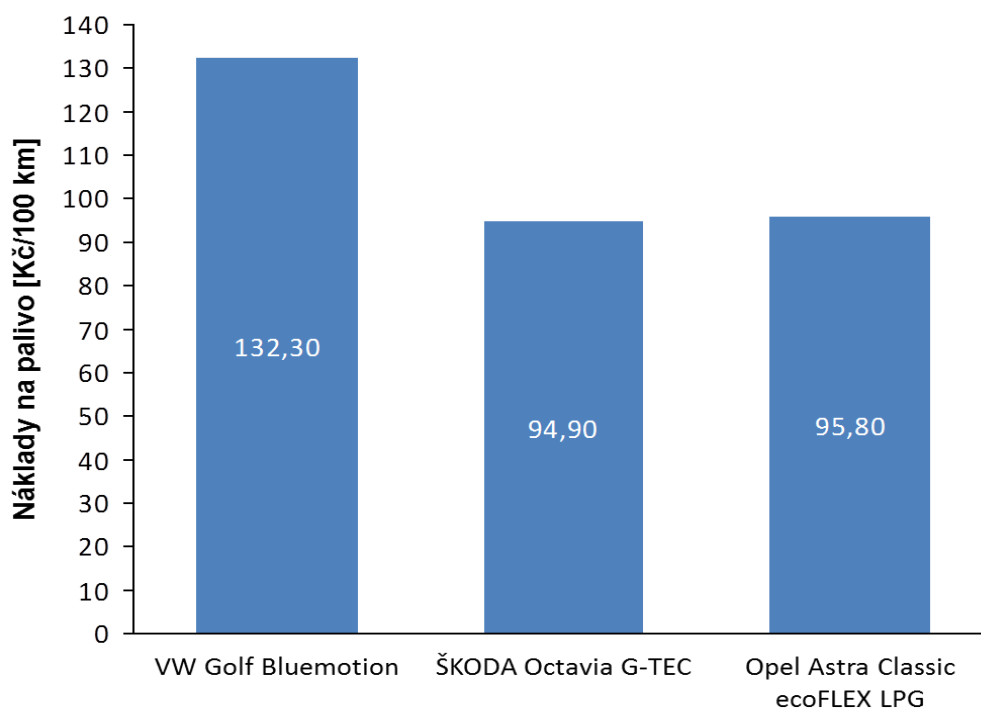


Obr. 24: Porovnání kombinované spotřeby benzínu

5.7 Náklady na palivo při kombinované spotřebě

Pro zákazníka je spotřeba paliva automobilu stěžejní údaj, zvláště u automobilů ekologických. Od takovýchto automobilů se obecně očekává nejen vyšší šetrnost k životnímu prostředí, ale i vyšší ekonomičnost jejich provozu. Na základě udávaných kombinovaných spotřeb a průměrných cen benzínu, CNG i LPG vyšlo, že ŠKODA Octavia G-TEC jezdí neekonomičtěji. ŠKODA udává u svého modelu Octavia G-TEC kombinovanou spotřebu 5,3 m³ CNG na 100 km. Při průměrných cenách CNG k listopadu 2016 (17,90 Kč/m³) jsou náklady na tuto PHM po ujetí 100 km při udávané kombinované spotřebě 94,90 Kč. S rozdílem pouhých 90

haléřů v nákladech na spotřebované palivo po 100 km jízdy se za Octavií G-TEC umístil Opel Astra Classic ecoFLEX. Opel udává kombinovanou spotřebu LPG 7,6 l/100 km a v listopadu 2016 se pohybovala průměrná cena LPG na úrovni 12,60 Kč/l. Celkové náklady na LPG/100 km v Opelu Astra Classic ecoFLEX tvoří 95,80 Kč. V tomto srovnání je nejméně ekonomický Volkswagen Golf Bluemotion, u kterého navzdory nejnižší spotřebě benzínu jsou náklady na ujetí 100 km vzdálenosti při udávané kombinované spotřebě jednoznačně nejvyšší. Důvodem je oproti alternativním palivům vysoká cena benzínu (v listopadu 2016 činila průměrná cena benzínu v ČR 29,40 Kč/l). S udávanou kombinovanou spotřebou benzínu 4,5l/100 km tak řidič Volkswagenu Golf Bluemotion vydá po 100 kilometrech jízdy 132,30 Kč.



Obr. 25: Porovnání nákladů na palivo při komb. spotřebě

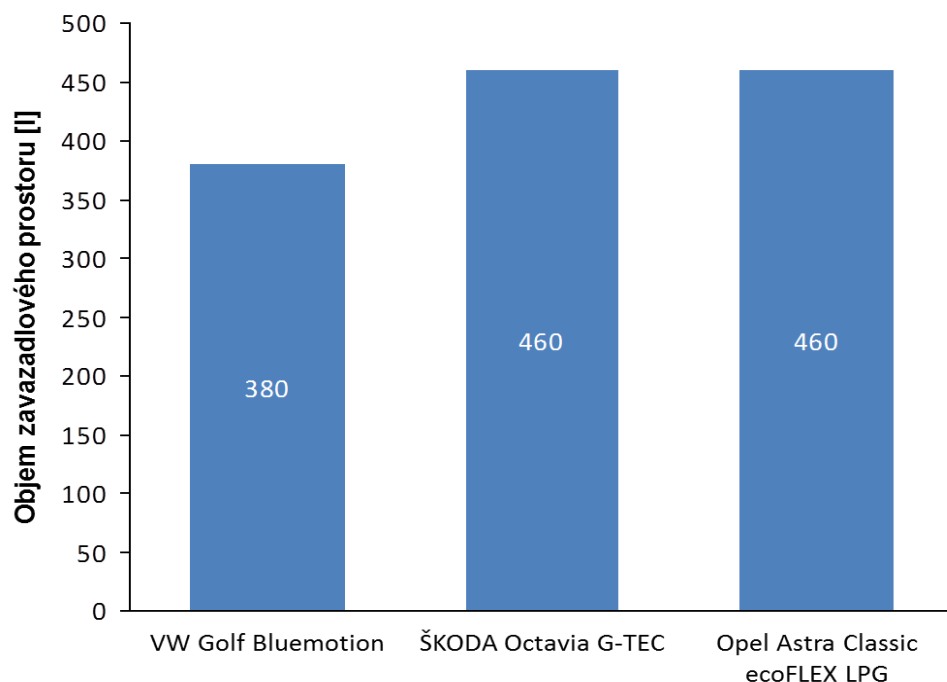
5.8 Objem zavazadlového prostoru

Je dalším ze základních parametrů automobilu, který zákazník při koupi vozu zajímá. Právě zavazadlový prostor určuje, jak je daný automobil praktický. Praktičnost a velikost zavazadlového prostoru souvisí s typem karoserie automobilu. Obecně platí, že zavazadlové prostory vozů typu Kombi patří mezi největší a nejpraktičtější, jelikož karoserii typu Kombi v oblasti zavazadelníku

nesplývá střecha a ve většině případů je i delší než karoserie ostatních derivátů stejného modelu. Tím pádem vozy typu Kombi disponují i delším zavazadelníkem. Zavazadlový prostor tohoto typu vozů je díky rovnému tvaru střechy vysoký a má nízkou nákladovou hranu, což tvoří další výhodu.

Velikost neboli objem zavazadlového prostoru se uvádí zpravidla v litrech. Výrobci u svých modelů uvádí dvě hodnoty. První hodnota udává objem zavazadelníku jako takového, druhá hodnota udává objem zavazadelníku a dostupného prostoru po sklopení zadních sedaček. V následujícím srovnání bude porovnán pouze objem zavazadelníku samotného, protože ten je v rámci osobních aut stěžejní pro většinu zákazníků.

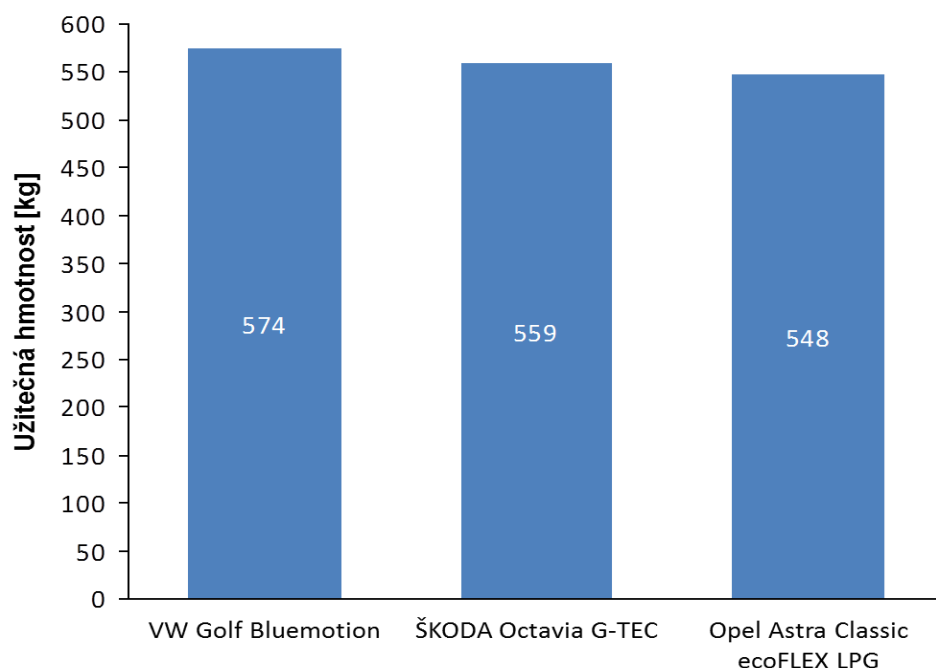
Jelikož palivové nádrže na CNG u ŠKODY Octavie G-TEC jsou umístěny pod podlahou zavazadlového prostoru, zmenšila se tak hloubka zavazadelníku a jeho objem je o 130 l menší než u konvenční Octavie. Liftback ŠKODA Octavia G-TEC disponuje zavazadelníkem o objemu 460 l bez možnosti uložení rezervního či dojezdového kola. Stejným objemem zavazadlového prostoru disponuje i sedan Opel Astra Classic ecoFLEX, který má nádrže na LPG rovněž pod podlahou zavazadlového prostoru. Oproti konvenční Astře Classic se ovšem objem zavazadelníku nijak nezměnil, jen odpadla možnost dovybavení plnohodnotného či dojezdového rezervního kola. Nejmenší zavazadelník má hatchback Volkswagen Golf Bluemotion o objemu 380 l. Důvodem je, že hatchback Volkswagen Golf je o více než 40 cm kratší než sedan Opel Astra Classic a liftback ŠKODA Octavia.



Obr. 26: Porovnání objemu zavazadelníků

5.9 Užitečná hmotnost

Dalším ze základních parametrů automobilu je užitečná hmotnost. „Je to souhrnná hmotnost osob a nákladu, který lze do vozidla naložit“ (Sajdl, autolexicon.net). Hodnotu užitečné hmotnosti nelze paušalizovat pro celý model automobilu. Tato hodnota se mění na základě motorizace a výbavy automobilu. Na základě dostupných dat je v rámci trojice ekologických modelů porovnána jejich maximální užitečná hmotnost s ohledem na zvolenou motorizaci, ale výbavy v tomto srovnání zohledněny nejsou. Ačkoliv je Volkswagen Golf Bluemotion nejmenším a nejléčším automobilem z porovnávané trojice, přesto nabízí nejvyšší užitečnou hmotnost, jelikož nádrže na alternativní palivo u Octavie G-TEC a Astry Classic ecoFLEX významně snižují užitečnou hmotnost automobilu. Užitečná hmotnost Volkswagenu Golf Bluemotion tvoří 574 kg. ŠKODA Octavia G-TEC disponuje užitečnou hmotností o velikosti 559 kg a maximální zátěž Opelu Astra Classic ecoFLEX činí 548 kg. Jakou nevýhodu z hlediska užitečné hmotnosti představují nádrže na alternativní paliva, ukazuje konvenční ŠKODA Octavia s motorem 1,4 TSI, která díky absenci CNG nádrží nabízí o 66 kg více užitečné hmotnosti (625 kg) než Octavia G-TEC. Ve výše uvedených hodnotách užitečné hmotnosti srovnávané trojice je již započítána hmotnost řidiče o velikosti 75 kg.



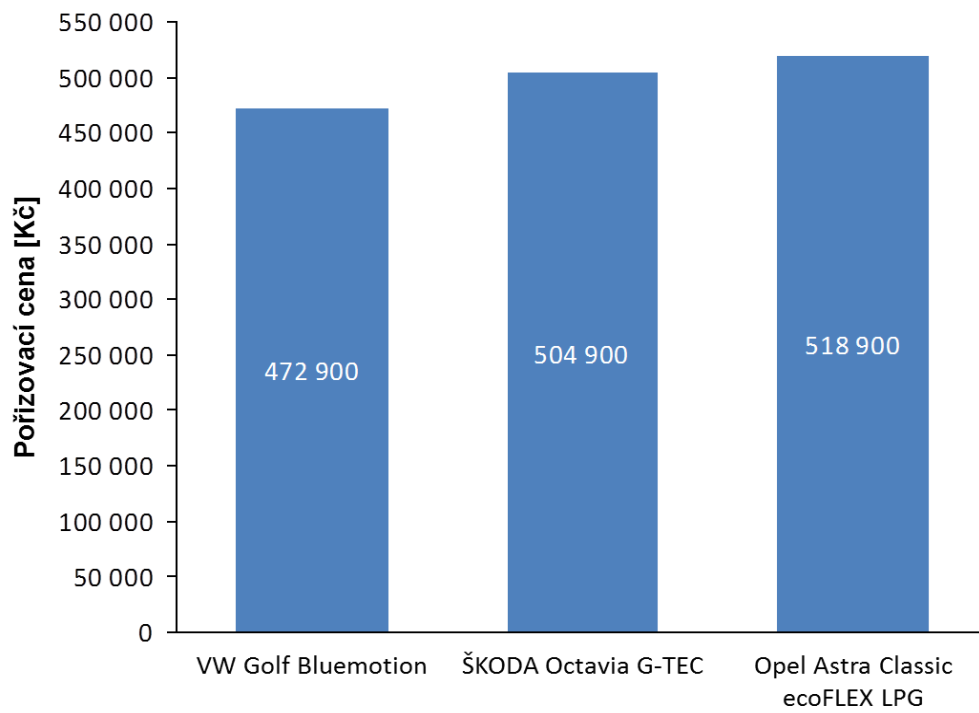
Obr. 27: Porovnání užitečné hmotnosti

5.10 Pořizovací cena

Jedním z rozhodujících faktorů při koupi nového vozu je jeho cena. V segmentu automobilů nižší střední třídy je tento faktor obzvláště rozhodující. Cena vozu roste s jeho vyšší výbavou i sofistikovanější a modernější technikou.

ŠKODA Octavia G-TEC a Opel Astra Classic ecoFLEX jsou právě z technických a konstrukčních důvodů dražší než Volkswagen Golf Bluemotion s konvenčním pohonem. Konkrétně ŠKODU Octavii G-TEC a Opel Astra Classic ecoFLEX prodražuje přidání alternativní palivový systém, úpravy motoru pro spalování alternativních paliv či modifikace podvozku z důvodu vyšší hmotnosti.

Nejvyšší pořizovací cenu tak má Opel Astra Classic ecoFLEX a sice 518 900 Kč. ŠKODA Octavia G-TEC se srovnatelným výbavovým stupněm Ambition stojí 504 900 Kč. Nejlevnějším zástupcem porovnávaného tria je Volkswagen Golf Bluemotion Trendline s benzinovým tříválcovým přeplňovaným motorem 1,0 TSI za 472 900 Kč.



Obr. 28: Porovnání pořizovací ceny

6 Výsledné zhodnocení

Pro zhodnocení porovnávaných parametrů (kategorií) je použito bodování. Všechny 10 kategorií má v rámci bodování stejnou váhu. Na základě umístění v jednotlivých kategoriích se přidělují body. Po přidělení bodů za jednotlivé parametry se vyhodnotí umístění automobilů v každé ze tří skupin (ekologické, technické, praktické) porovnávaných parametrů a nakonec bude vyhodnoceno konečné umístění automobilů v rámci celého srovnávacího testu. Vítězem se stane zástupce s nejvyšším počtem dosažených bodů. Jak bude umístění automobilů v jednotlivých kategoriích bodováno, ukazuje následující tabulka.

Umístění	1.	2.	3.
Počet získaných bodů	3	2	1

Tab. 2: Způsob hodnocení

Kategorie	Volkswagen Golf Bluemotion	ŠKODA Octavia G-TEC	Opel Astra Classic ecoFLEX
Ekologické parametry			
Hmotnost [kg]	3	2	1
Emise CO ₂ [g/km]	2	3	1
Součinitel odporu vzduchu cx	3	1	2
Bodů celkem (1. sk.)	8	6	4
Technické parametry			
Výkon [kW]	2	1	3
Točivý moment [Nm]	1	2	3
Komb. spotřeba benzínu [l/100 km]	3	2	1
Bodů celkem (2. sk.)	6	5	7
Praktické parametry			
Náklady na palivo po ujetí 100 km při komb. spotřebě [Kč]	1	3	2
Objem zav. prostoru [l]	2	3	3
Užitečná hmotnost [kg]	3	2	1
Pořizovací cena [Kč]	3	2	1
Bodů celkem (3. sk.)	9	10	7

Tab. 3: Bodový zisk v rámci porovnávaných parametrů a jejich skupin

	Volkswagen Golf Bluemotion	ŠKODA Octavia G-TEC	Opel Astra Classic ecoflex
Bodů celkem (celk. test)	23	21	18
Celkové umístění	1.	2.	3.

Tab. 4: Výsledný bodový zisk a pořadí vybraných automobilů

V první skupině ekologických parametrů dominoval Volkswagen Golf Bluemotion. Díky jednoznačně nejnižší hmotnosti a pokrokové aerodynamice ovládl první skupinu ekologických parametrů. ŠKODA Octavia G-TEC se svým ekologickým konceptem spalování CNG získala prvenství v nejnižší produkci emisí CO₂. Opel Astra Classic ecoFLEX se svým konkurentům kvůli vysoké hmotnosti a s ní

související vyšší produkcí CO₂ nemohl vyrovnat. Pouze v otázce koeficientu odporu vzduchu se díky svým aerodynamickým úpravám zvládl přiblížit i tak nejlepšímu Volkswagenu Golf Bluemotion.

V rámci druhé skupiny technických parametrů byl nejúspěšnějším zástupcem Opel Astra Classic ecoFLEX. Jeho motor disponuje nejlepšími dynamickými vlastnostmi. Motor 1,4 TURBO má zcela jednoznačně nejvyšší výkon a nejplošší křivku točivého momentu, který lze využít ve zdaleka nejširším spektru otáček motoru. Tento motor ve spojení s již několikrát zmiňovanou nejvyšší hmotností automobilu ovšem také dosahoval nejvyšší kombinované spotřeby benzínu. Pohonné jednotky Volkswagenu Golf Bluemotion a ŠKODY Octavie G-TEC dosahují velmi podobných dynamických hodnot. Zatímco Volkswagen Golf disponuje o 4 kW vyšším výkonem, ŠKODA Octavia G-TEC dosahuje totožného maximálního točivého momentu v širším spektru otáček motoru. Jak šlo předpokládat, z hlediska kombinované spotřeby benzínu dosahoval nejnižších hodnot nejlehčí zástupce s nejmenším motorem Volkswagen Golf Bluemotion. ŠKODA Octavia G-TEC se v rámci kombinované spotřeby benzínu umístila jako druhá.

Ve třetí skupině praktických parametrů dosáhli oba zástupci spalující alternativní paliva z hlediska nákladů na PHM jednoznačně nejlevnějšího provozu. Ve výsledné tabulce a grafu je jako vítěz uvedena Octavia G-TEC a o pouhých **90 haléřů/100 km** jsou dle kombinované spotřeby a průměrných cen PHM vyšší náklady na provoz u Astru Classic ecoFLEX. Dle mého názoru jde o zanedbatelný rozdíl. Důležitá je interpretace, že právě nízká cena alternativních paliv rozhodla o ekonomičnosti provozu tohoto typu automobilů. U již tak ekologického a ekonomického Golfu Bluemotion jsou náklady na PHM při kombinované spotřebě díky vysoké ceně benzínu o třetinu vyšší než u uvedených konkurentů. Z hlediska praktičnosti nabízí liftback Octavia G-TEC se sedanem Astrou Classic ecoFLEX nejobemnější kufr, Volkswagen Golf triumfuje nejvyšší užitečnou hmotností. Volkswagen Golf Bluemotion rovněž získal nejvyšší počet bodů za jednoznačně nejnižší pořizovací cenu. ŠKODA Octavia G-TEC tak získala 2 body a Opel Astra Classic ecoFLEX 1 bod.

Z celého srovnávacího testu byl tak nejúspěšnější zástupce Volkswagen Golf Bluemotion, který se nejvíce prosadil ve skupině ekologických parametrů, kde se

v kombinaci velmi nízké pohotovostní hmotnosti a velmi dobré aerodynamiky prokázal jako nejlépe navržený vůz. Mimo jiné Volkswagen tímto praktickým hatchbackem potvrdil, že i downsizing je jedna ze správných cest jak konstruovat ekonomické automobily, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Další nejsilnější stránkou Golfu Bluemotion v rámci testovaných parametrů je jeho pořizovací cena.

Celkové druhé místo obsadila ŠKODA Octavia G-TEC, která dosáhla nejlepších hodnot emisí CO₂ a ekonomičnosti provozu (nákladů na palivo po ujetí 100 km). Automobilka ŠKODA AUTO tak konceptem spalování CNG dokázala vyvinout praktický liftback, jehož provoz je ekologický a ekonomický zároveň. Nevýhodou této Octavie je poněkud nižší výkon motoru.

Na konečném třetím místě se umístil Opel Astra Classic ecoFLEX, který v rámci testovaných kategorií oproti svým konkurentům zaostává v parametrech jako pohotovostní hmotnost či emise CO₂. Nicméně tento praktický sedan je z testované trojice pro potenciální zákazníky vůz s nejdynamičtějším motorem a s nízkými náklady na provoz.

Závěr

Ekologické automobily svými technologiemi ukazují jednu z možných cest k vyšší šetrnosti automobilů k životnímu prostředí. Ekologie tvoří díky čím dál přísnějším emisním normám pro automobilové výrobce relevantní a závažné téma. Kromě legislativy ovlivňuje vývoj ekologických automobilů také zákazník, v jehož zájmu je provozovat automobil s nízkými náklady na provoz.

V rámci této bakalářské práce byly analyzovány a porovnány tři ekologické automobily různých značek s odlišným typem pohonu. Jako správná cesta, jak ekologicky pohánět dnešní automobily, se osvědčila u mnoha automobilových výrobců technologie downsizing. Aplikací moderních technologií, jako přímého vstřikování či přeplňování, dochází v konvenčních motorech k zvýšení palivové účinnosti motoru a následnému snížení spotřeby paliva a produkce emisí. Přesto pohonné jednotky spalující čistá alternativní paliva (CNG a LPG) dosahují lepších hodnot emisí škodlivin, než motory spalující konvenční paliva.

K dalším oblastem, které disponují největším potenciálem zvýšení ekologické šetrnosti automobilů, patří snižování hmotnosti a aerodynamického odporu automobilu. Z tohoto důvodu investují výrobci automobilů velké finanční prostředky do nových technologií v těchto oblastech a lze očekávat, že v budoucnu bude většina automobilů vybavena technologiemi, které byly analyzovány ve třetí kapitole této práce.

Cílem práce bylo na základě analýzy technických a ekologických parametrů vybrat optimální variantu ekologického automobilu. Podle analyzovaných parametrů v páté kapitole této práce vyšel jako nejlepší zástupce Volkswagen Golf Bluemotion následovaný ŠKODOU Octavií G-TEC a Opelem Astra Classic ecoFLEX 1,4 TURBO.

Otázkou zůstává, jak vnější prostředí bude ovlivňovat automobilový průmysl nadále. Z důvodů zhoršující se ekologické situace a omezené udržitelnosti energetických zdrojů se rok od roku zpřísnuje legislativa ohledně produkovaných emisí automobily a výrobci jsou tak nepřímo nuceni začít s vývojem bezemisních elektromobilů. Čas ukáže, jaký typ pohonu se v budoucnu prosadí.

Seznam literatury

Anonym. *Karoserie.* mechmes.websnadno.cz. [Online] [Citace: 8. 9. 2016.] http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-03_karoserie.pdf

AUDI. *Audi Space Frame.* audi-technology-portal.de. [Online] [Citace: 07. 11. 2016.] <http://www.audi-technology-portal.de/en/body/aluminium-bodies/audi-spaceframe-en>

Beroun, Stanislav a Scholz, Celestýn. 2001. *Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. ISBN 80-7083-467-6.

Beroun, Stanislav a Scholz, Celestýn. *Základy automobilové techniky.* Mladá Boleslav: Škoda Auto Vysoká škola, 2003. ISBN 80-239-0659-3.

Biskup, Pavel. *Lehké materiály – Nové požadavky.* automobilrevue.cz. [Online] 20. 03 2012. [Citace: 06. 10. 2016.] http://www.automobilrevue.cz/rubriky/technika/lehke-materialy-nove-pozadavky_40846.html

Bořil, Tomáš. *Spalovací motory.* tomasboril.cz. [Online] [Citace: 21. 10. 2016.] http://www.tomasboril.cz/files/variousdocs/spalovaci_motory.html

Etzold, Rüdiger. 2016. *VW Golf VII, so wird's gemacht.* 2. Auflage. Neustadt in Holstein: Delius Klasing, 2016, ISBN 978-3-7688-3758-3

First, Jiří. 2008. *Zkoušení automobilů a motocyklů. Příručka pro konstruktéry.* Praha : S&T CZ s.r.o., 2008. ISBN: 978-80-254-1805-5.

Halamka, Jaroslav. *Ta zelená pružina je laminátová. V autě funguje líp než ocel.* auto.idnes.cz. [Online] 06. 07. 2014. [Citace: 09. 11. 2016.] http://auto.idnes.cz/plastova-pruzina-poprve-v-seriovem-aute-ffa-/automoto.aspx?c=A140704_164649_automoto_hig

Hromádko, Jan, a další. 2011. *Spalovací motory.* Praha : Grada Publishing a.s., 2011. ISBN: 978-80-247-3475-0.

Hromádko, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony / Komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilových škol.* Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

Interní zdroje AUDI AG 2012-2016

Kotler, P. a kol.: *Moderní marketing.* 4. evropské vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007, 1048 s. ISBN 978-80-247-1545-2

Neumayer, Jürgen. 2010. *Fahrzeugtechnik*. Mittweida. Hochschule Mittweida 2010.

Opel. *Opel Astra Classic technická data*. opel.cz. [Online] 1.9.2016. http://www.opel.cz/content/opel/europe/czech_republic/nscwebsite/cs/index/tools/opel-request-brochure.html

Opel. *Konfigurátor Opel Astra Classic*. opel.cz. [Online] 1.9.2016.

Opel. *Spotřeba pod kontrolou*. opel.cz. [Online] [Citace: 12. 09. 2016.] <http://www.opel.cz/vozidla/modely-ecoflex/hlavni-prvky/optimalizace-vozu-ecoflex.html>

Rameš, Jan. *Výkon vs...* icmn.cz. [Online] 12.07.2012 [Citace: 29. 09. 2016.] http://www.icmn.cz/technika/co-nam-vlastne-rikaji-o-motoru-vykon-a-kroutak_5584.clanek

Remek, Branko. 2012. *Automobil a spalovací motor*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3538-2.

Sajdl, Jan. *Emisní norma Euro*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 12. 11. 2016.] <http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>.

Sajdl, Jan. *Aerodynamika*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 01. 11. 2016.] <http://www.autolexicon.net/cs/articles/aerodynamika/>.

Sajdl, Jan. *Regenerativní brzdění – rekuperace brzdné energie*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 03. 11. 2016.] <http://www.autolexicon.net/cs/articles/regenerativni-brzdeni/>

Sajdl, Jan. *Start/Stop*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 13. 11. 2016.] <http://www.autolexicon.net/cs/articles/startstop/>

Sajdl, Jan. *Oxid uhličitý CO₂*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 26. 10. 2016.] <http://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>

Sajdl, Jan. *Užitečná hmotnost*. autolexicon.net. [Online] [Citace: 31. 10. 2016.] <http://www.autolexicon.net/cs/articles/uzitecna-hmotnost/>

Schröter, Zdeněk. *Funkce převodového ústrojí*. schroter.cz. [Online] [Citace: 07. 10. 2016.] <http://www.schroter.cz/ouvskc2/ouv-c-ot21fstu.htm>

ŠKODA-AUTO. *Modernizace modelu ŠKODA Octavia...* media.skoda-auto.com. [Online] 8.6.2016. [Citace: 02. 08. 2016.] https://media.skoda-auto.com/cs/_layouts/Skoda.PRPortal/pressrelease.aspx?ID=1378

ŠKODA-AUTO. *Octavia G-TEC: Čistý pohon na CNG již od...* skoda-auto.cz. [Online] 3.5.2014. [Citace: 17. 09. 2016.] <http://www.skoda-auto.cz/news/2014-03-05-octavia-g-tec-cena>

ŠKODA-AUTO. ŠKODA Octavia. skoda-auto.cz. [Online] <http://www.skoda-auto.cz/sitecollectiondocuments/skoda-auto/ke-stazeni/octavia-katalog.pdf>

ŠKODA-AUTO. Konfigurátor ŠKODA Octavia. skoda-auto.cz. [Online] 1.9.2016.

Turbotec: Princip činnosti turbodmyhadla. turbo-tec.eu. [Online] [Citace: 07. 09. 2016.] <http://www.turbo-tec.eu/cz/princip-cinnosti-turbodmyhadla/>

Vlk, František. 2004. Soudní inženýrství - Alternativní pohony motorových vozidel. sinz.cz. [Online] 2004 [Citace: 6. 8. 2016.] <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>

Vokáč, Luděk. Automobilky čeká... auto.idnes.cz. [Online] 21. 10 2016. [Citace: 21. 10. 2016.] http://auto.idnes.cz/zmensovani-downsizing-motoru-konec-testy-emisi-fub-/automoto.aspx?c=A161019_200832_automoto_vok

Vokáč, Luděk. Autům ordinují stále intenzivnější... auto.idnes.cz. [Online] 09. 01. 2013. [Citace: 04. 08. 2016.] http://auto.idnes.cz/hmotnost-automobilu-klesa-d0a-/automoto.aspx?c=A121229_194613_automoto_vok

Volkswagen. Konfigurátor VW Golf. volkswagen.cz. [Online] 30.9.2016.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1: Počet celosvětově vyrobených os. automobilů v letech 1998-2015	9
Obr. 2: Počet prodaných osobních automobilů v Číně v letech 2008-2016	10
Obr. 3: Ocelové tlakové CNG nádrže u vozu ŠKODA Octavia G-TEC.....	19
Obr. 4: Uložení LPG nádrží místo dojezdového kola pod podlahou zavazadelníku Opelu Astra ecoFLEX	21
Obr. 5: Zadní spoiler u vozu ŠKODA Octavia Combi Greenline.....	24
Obr. 6: Zadní spoiler u vozu Porsche 911 GT3 RS	24
Obr. 7: „Zrcátko na nožičce“ u vozu Mercedes-Benz A	25
Obr. 8: AUDI e-tron Quattro concept s virtuálními zrcátky.....	26
Obr. 9: Vysouvací kliky dveří u vozu Tesla Model S.....	26
Obr. 10: Proudění vzduchu kolem vozu při uzavřených větracích lamelách	27
Obr. 11: Proudění vzduchu kolem vozu při otevřených větracích lamelách	28
Obr. 12: Princip turbodmychadla a jeho funkce.....	29
Obr. 13: AUDI Space Frame	31
Obr. 14: Karbonový jednodílný samonosný trup karoserie Alfy Romeo 4C.....	32
Obr. 15: Skelnými vlákny vystužená plastová pružina (vlevo), konvenční ocelová pružina (vpravo).....	33
Obr. 16: Volkswagen Golf Bluemotion.....	37
Obr. 17: ŠKODA Octavia G-TEC.....	38
Obr. 18: Opel Astra Classic ecoFLEX	40
Obr. 19: Porovnání pohotovostní hmotnosti	43
Obr. 20: Porovnání emisí CO ₂	44
Obr. 21: Porovnání součinitelů odporu vzduchu cx	45
Obr. 22: Porovnání výkonu.....	46
Obr. 23: Porovnání točivého momentu	47
Obr. 24: Porovnání kombinované spotřeby benzínu.....	48
Obr. 25: Porovnání nákladů na palivo při komb. spotřebě.....	49
Obr. 26: Porovnání objemu zavazadelníků	51
Obr. 27: Porovnání užitečné hmotnosti	52
Obr. 28: Porovnání pořizovací ceny	53

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled analyzovaných parametrů a jejich hodnot.....	41
Tab. 2: Způsob hodnocení	54
Tab. 3: Bodový zisk v rámci porovnávaných parametrů a jejich skupin.....	55
Tab. 4: Výsledný bodový zisk a pořadí vybraných automobilů	55

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Jaroslav Žák		
STUDIJNÍ OBOR	6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu		
NÁZEV PRÁCE	Analýza ekologických automobilů konkurenčních značek		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
KATEDRA	KAT - Katedra automobilové techniky	ROK ODEVZDÁNÍ	2016
POČET STRAN	63		
POČET OBRÁZKŮ	28		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tématem bakalářské práce je analýza ekologických automobilů konkurenčních značek v rámci nižší střední třídy.</p> <p>Cílem práce je na základě analýzy technických a ekologických parametrů vybrat optimální variantu ekologického automobilu. Zvláštní pozornost zde bude věnována automobilům s pohonem jak na konvenční tak na alternativní paliva a pohony tak budou analyzovány a porovnávány. Dále budou analyzovány další možnosti zvyšování ekologické šetrnosti automobilů a jejich nasazení v praxi.</p> <p>Na základě dat udávaných výrobcí automobilů byly porovnány technicko-ekologické parametry vozidel spalující jak konvenční tak alternativní paliva. Na základě jejich vyhodnocení byla vybrána optimální varianta ekologického automobilu.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	CNG, LPG, emise, ekologie, alternativní paliva, konvenční paliva.		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

ANNOTATION

AUTHOR	Jaroslav Žák		
FIELD	6208R087 Business Management and Sales		
THESIS TITLE	Analysis of competing ecological passenger cars		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
DEPARTMENT	KAT - Department of Automotive Technology	YEAR 2016	
NUMBER OF PAGES	63		
NUMBER OF PICTURES	28		
NUMBER OF TABLES	4		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The topic of this thesis is analysis of competing ecological cars within the lower middle class segment.</p> <p>The aim is to choose the optimal variant of ecological passenger car on the basis of analysis of technical and ecological parameters. Special attention will be given to cars, which use for their drive both alternative and conventional fuels. These types of drives are also analysed and compared. Other possibilities of increase in environmental friendliness of passenger cars and their implementation in practice are also analysed and described.</p> <p>Based on the obtained data of car-manufacturers the selected technical and ecological parameters were compared in cars using conventional and alternative fuels. After their evaluation was selected the optimal variant of ecological car.</p>		
KEY WORDS	CNG, LPG, emission, ecology, conventional/alternative fuels		
THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No			