

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TŘÍVÁLCOVÉ MOTORY PRO MALÉ OSOBNÍ AUTOMOBILY

THREE-CYLINDER ENGINES FOR SMALL PASSENGER CARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ NÁROVEC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Nárovec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tříválcové motory pro malé osobní automobily

v anglickém jazyce:

Three-cylinder engines for small passenger cars

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Soustředit a analyzovat technické parametry moderních tříválcových spalovacích motorů pro malé osobní automobily.

Cíle bakalářské práce:

Vytvořit přehled v současné době vyráběných tříválcových motorů pro malé osobní automobily.

Soustředit, porovnat a kriticky zhodnotit jejich základní technicko-ekonomické parametry.

Seznam odborné literatury:

Časopisy Motortechnische Zeitschrift (MTZ)

Časopisy Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ)

Firemní literatura

Internet

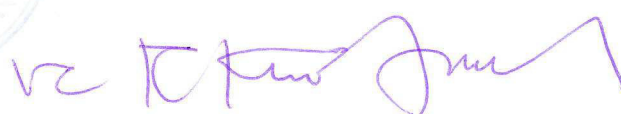
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 21.10.2012

L.S.



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan



ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je soustředit informace o tříválcových spalovacích motorech, užívaných v současné době v malých osobních automobilech. Práce je koncipována jako rešerše dostupných elektronických zdrojů, firemní literatury a článků z odborných periodik a uvádí základní technicko-ekonomické parametry 15 vybraných typů tříválcových motorů. Zahrnuje porovnání tříválcových zážehových motorů metodou rozhodovací analýzy a prognózu budoucího vývoje a uplatnění tohoto konceptu pohonných jednotek u malých osobních automobilů.

KLÍČOVÁ SLOVA

malé osobní automobily, spalovací motory, tříválcové motory, downsizing

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to gather information about three-cylinder combustion engines used in small passenger cars nowadays. The thesis is conceived as a search of available electronic sources, company literature and specialized journal articles and involves fundamental technical-economic parameters of 15 selected types of three-cylinder engines. It contains the comparison of three-cylinder gasoline engines using the method of decision analysis and the prognosis of future development and application of such engine unit concept in small passenger cars.

KEYWORDS

small passenger cars, combustion engines, three-cylinder engines, downsizing



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NÁROVEC, J. *Tříválcové motory pro malé osobní automobily*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 53 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 23. května 2013

.....

Jiří Nárovec



PODĚKOVÁNÍ

Poděkování přísluší panu prof. Ing. Václavu Píštěkovi, DrSc., vedoucímu mého bakalářské práce, a to především za nabídku a pečlivý výběr tématu ke zpracování, za trpělivé vedení a cílevědomé usměrňování, které vtisklo práci její finální charakter a mně poskytlo výchozí teoretický základ pro její zpracování.



OBSAH

Úvod.....	1
1 Rozbor problematiky tříválcových motorů	3
1.1 Počátky a využití tříválcových motorů	3
1.2 Vlastnosti tříválcových motorů.....	4
1.2.1 Třecí ztráty, hmotnost, rozměry	4
1.2.2 Kultivovanost chodu	5
1.2.3 Vibrace	5
1.2.4 Zvukový projev	6
2 Přehled a rozbor tříválcových motorů	8
2.1 Ford 1,0 l EcoBoost	8
2.2 BMW 1,5 l	10
2.3 Hyundai 1,1 CRDi	12
2.4 Kia 1,0 CVVT	13
2.5 Nissan 1,2 l a 1,2 l DIG-S	15
2.6 Opel 1,0 Twinport Ecotec®	18
2.7 1,2 VTi + 1,0i 65	19
2.8 Renault Energy 0,9 TCe 90 k	21
2.9 Škoda 1,0 MPI	22
2.10 Škoda 1,2 MPI	24
2.11 Škoda 1,2 TDI CR	26
2.12 Suzuki 1,0 VVT	27
2.13 Motory Smart	28
3 Analýza získaných poznatků - porovnání motorů	31
3.1 Určení vah užitím metody kvantitativního párového srovnávání	31
3.2 Porovnání motorů metodou vícekritériálního rozhodování	33
3.3 Vyhodnocení výsledků vícekritériálního porovnávání	35
4 Vymezení trendů budoucího vývoje	36
Závěr.....	37
Použité informační zdroje	39
Seznam použitých zkratk a symbolů	50
Seznam obrázků a grafů	51
Seznam tabulek	52
Seznam příloh.....	53



Úvod

V dnešní době se stal automobil pro člověka klíčovým prostředkem dopravy, díky němuž dokáže snadno, rychle a bezpečně přepravovat sebe a objemné náklady na velké vzdálenosti. Automobily a jejich pohonné jednotky (převážně spalovací motory) jsou tak v novodobé etapě rozvoje lidské civilizace klíčovými momenty růstu národních ekonomik i úrovně života občanů jednotlivých regionů¹. V globálním měřítku narůstající počet automobilů, kterých je dle některých pramenů [1] na Zemi provozováno již více než bilion, s sebou nicméně přináší i řadu celosvětově závažných ekonomických, společenských (sociálních a politických) i environmentálních důsledků.

Automobil ke svému pohybu pomocí spalovacího motoru principiálně využívá přeměnu chemické energie, která se nachází v ropných produktech, a to na energii mechanickou (práci), pomocí které je uváděn do pohybu. Díky rozvoji automobilismu se tak ropa stala v uplynulém století velmi využívanou a žádanou strategickou surovinou, jejíž cena se se snižujícími celosvětovými zásobami neustále zvyšuje. Cena paliva dnes představuje zhruba třetinu nákladů na provoz automobilu, což vede uživatele i výrobce k úsilí co nejvíce spotřebu pohonných hmot minimalizovat. Při spalování paliva vznikají látky, které znečišťují životní prostředí a také přispívají k tvorbě skleníkových plynů, jež jsou příčinou tzv. globálního oteplování planety, což je v současnosti rovněž velmi diskutované téma, vyžadující neodkladné řešení. Více než jedna pětina produkce emisí oxidu uhličitého (CO₂) je přitom způsobena vlivem dopravy [2]. Kvůli kvalitě životního prostředí se soudobí výrobci automobilů zaměřují na dodržování stále se zpřísňujících emisních norem, což je opět důvodem k tomu, aby vyvíjeli a vyráběli motory, jež budou spotřebovávat malé množství paliva společně s nízkou produkcí skleníkových plynů a dalších emisí. K dosažení těchto cílů jsou používány moderní systémy a konstrukční řešení. Vědci se věnují i výzkumu jiných alternativních zdrojů paliva, jež by v budoucnu mohly být využívány k pohonu automobilů a dalších dopravních prostředků.

Při požadavku na dosažení nízkých emisí spalovacích motorů a uspokojivé spotřeby paliva automobilů se hlavní proud vývoje spalovacích motorů u malých osobních automobilů vydal na přelomu milénia a v prvním desetiletí 21. století také směrem, označovaným jako tzv. downsizing. Tímto pojmem se postihuje úsilí o snižování zdvihového objemu spalovacího motoru při zachování jeho původních výkonových charakteristik. K tomu se v posledním období ve zvýšeném měřítku využívají i systémy přeplňování motorů, díky kterým se downsizingované motory výkonově vyrovnávají atmosférickým (nepřeplňovaným) motorům o větším zdvihovém objemu. Specifickým a aktuálně častým případem downsizingu u malých osobních automobilů je také snižování počtu válců (obvykle ze čtyř na tři) u instalovaných řadových spalovacích motorů, a to jak vznětových, tak zážehových.

Skutečnost, že snižování počtu válců spalovacího motoru v posledních několika letech razantně vstoupilo do soudobé nabídky osobních automobilů i na našem tuzemském trhu, jeví se jako žádoucí shrnout aktuální situaci na tomto úseku u nás a získat přehled o nabízených tříválcových agregátech. Aktuálním úkolem se stalo rovněž vzájemné porovnání zážehových motorů tříválcové koncepce mezi sebou v závislosti na diferencovaných kritériích výběru.

¹ Dle dostupných informací [3] se nejvíce automobilů v roce 2012 vyrobilo (15 523 658 kusů) a prodalo (19 306 400 kusů) v Číně. V Japonsku se vyprodukovalo 8 554 219 automobilů, přičemž jich zde bylo prodáno 5 670 315 kusů. V USA bylo vyrobeno 4 105 089 kusů automobilů, resp. prodáno 14 491 873 kusů. Z evropských zemí např. v Německu bylo prodáno 3 082 504 automobilů a 5 388 456 jich zde bylo vyrobeno.



Cílem předkládané bakalářské práce je naplnění výše uvedených úkolů, tj. soustředit informace o tříválcových agregátech, které jsou v současné době vyráběny pro užívání v osobních automobilech u nás, dále pak porovnat a kriticky zhodnotit jejich základní technicko-ekonomické parametry. Práce je členěna do čtyř hlavních oddílů (kapitol), a to na obecně pojatý rozbor problematiky (kap. 1), na přehled literárních pramenů k aktuálně na trhu nabízeným tříválcovým agregátům (kap. 2), na porovnání tříválcových zážehových motorů metodou rozhodovací analýzy (kap. 3) a na nastínění trendů budoucího vývoje (kap. 4).

Práce má především rešeršní charakter. S ohledem na to, že domácí odborná (vědecká) literatura, pojednávající o tříválcových spalovacích motorech u nás, je svojí četností dosud velmi skromná, bylo nutné podklady čerpat především z některých zdrojů zahraničních a tyto doplnit také o informace, uváděné v marketingově zaměřených publikacích jednotlivých výrobců a dodavatelů osobních automobilů (firemní litareura). V neposlední řadě rešerše vychází také z údajů, které o tříválcových spalovacích motorech publikovala domácí populárně-naučná periodika zaměřená na motorismus a motorsport (motoristické časopisy) včetně internetových portálů a motoristických serverů určených široké veřejnosti. Nástin trendů budoucího uplatnění a vývoje tříválcových spalovacích motorů, o kterém předkládaná bakalářská práce pojednává v dílčí kapitole 4, má charakter kvalifikovaných odhadů, osobních předpokladů (úvah) a teoretických predikcí.



1 ROZBOR PROBLEMATIKY TŘÍVÁLCOVÝCH MOTORŮ

Současná doba klade na výrobce automobilů požadavky zejména na šetrnost k životnímu prostředí. Proto je potřeba snižovat produkci škodlivin, které vznikají při spalování paliva ve spalovacích motorech. Uživatelé také vyžadují nízké náklady na provoz automobilu a také na jeho samotné pořízení. Jednou z cest, jak dosáhnout těchto požadavků, je použití tříválcového motoru. Výhody tříválcového motoru se projevují převážně v dosažení dostačujících výkonových charakteristik, při nízkých provozních nákladech a nízké produkci emisí oxidu uhličitého (dále jako CO₂).

1.1 POČÁTKY A VYUŽITÍ TŘÍVÁLCOVÝCH MOTORŮ

Tříválcové pohonné jednotky se již dlouhodobě využívají v mnoha odvětvích automobilového průmyslu. Již řadu let máme možnost se s těmito motory setkat v osobních automobilech, motocyklech a traktorech. Výroba tříválcových motorů tak není záležitostí posledních let, i když nyní se užívání tříválcových motorů pro osobní automobily stalo mnohem častější, než tomu bylo doposud.



Obr. 1 Wartburg 353W [4]

Pro využití v automobilech byly zpočátku používány tříválcové dvoudobé motory. Jedním z prvních automobilových výrobců tříválcových motorů byla automobilka DKW, která již v roce 1953 začala prodávat automobil F91 Sonderklasse. Tento vůz poháněl dvoudobý tříválcový motor o zdvihovém objemu 896 cm³ [5]. O dva roky později (v roce 1955) nacházíme v nabídce společnosti Saab (švédský výrobce automobilů a letadel) také tříválcový motor. Podélně uložený, dvoudobý motor, o zdvihovém objemu 748 cm³ byl určen pro model Saab 93 [6]. V roce 1957 byl představen dvoudobý tříválcový motor, který poháněl automobil Wartburg 311 [7]. Velmi populární model Wartburg 353, zobrazený na obr. 1, pohání také tříválcový agregát. Tříválcový vznětový motor o objemu 1779 cm³ byl v letech 1986–1990 k dispozici ve voze Alfa Romeo 33 [8]. Tříválcový agregát byl však vůči čtyřválcové konstrukci využíván spíše výjimečně, nicméně v minulosti lze jeho použití nalézt u řady předních výrobců automobilů. Zkušenosti s jeho výrobou tak dlouhodobě mají například automobilky Volkswagen, Daihatsu, Subaru a řada dalších.

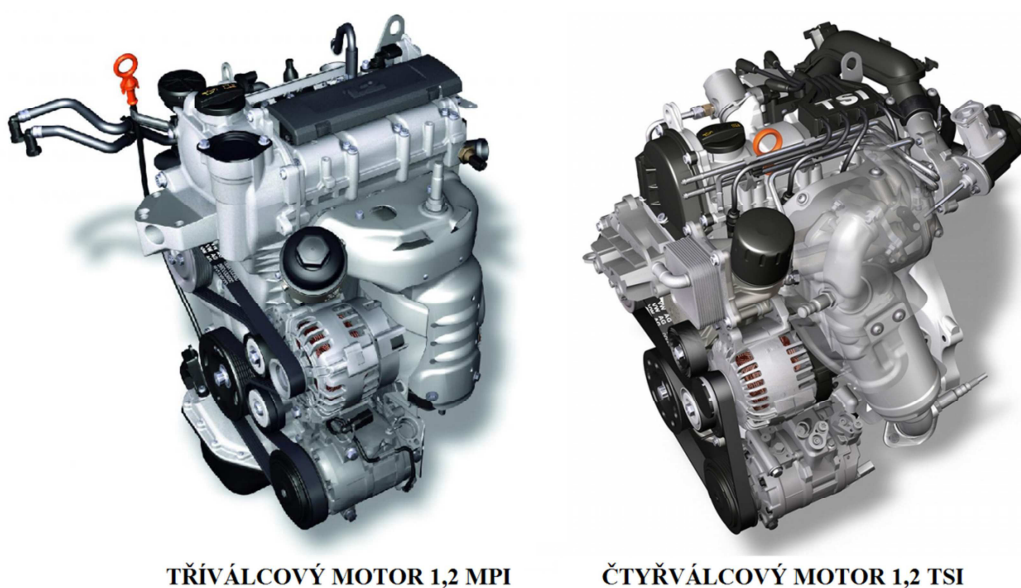


Své využití našly tříválcové motory také v motocyklech. Dodnes vyrábí britská společnost Triumph Motorcycles převážně tříválcové motory, které nacházejí uplatnění v různých typech motocyklů. Cestovní enduro Triumph Tiger, sportovní motocykl Daytona 675 i cestovní model Sprint GT používají ke svému pohonu výhradně čtyřdobých tříválcových motorů. Velmi zajímavý tříválcový motor pohání motocykl Triumph Rocket III, přičemž zdvihový objem tohoto motoru dosahuje 2294 cm^3 . Výjimkou nejsou ani dvoudobé tříválcové motory. Například motocykl Suzuki GT380, který byl vyráběn v období let 1972–1977, poháněl tříválcový motor, který měl zdvihový objem 371 cm^3 [9]. V letech 1985–1986 byl k dispozici sportovní model Honda NS 400 R, který používal dvoudobý tříválcový agregát o zdvihovém objemu 387 cm^3 , jenž dosahoval svého maximálního výkonu 54 kW při 9500 min^{-1} [10].

1.2 VLASTNOSTI TRÍVÁLCOVÝCH MOTORŮ

1.2.1 TŘECÍ ZTRÁTY, HMOTNOST, ROZMĚRY

Velkou výhodou tříválcových motorů (oproti motorům čtyřválcovým), jsou menší třecí plochy v bloku motoru. Pokud porovnáme tříválcový motor se čtyřválcovým, přičemž ponecháme shodný zdvih, tak obvod třecích ploch u čtyřválcového motoru bude o 16 % vyšší, než u tříválcového agregátu [11]. Úspora energie je dosažena i v oblasti rozvodů, jelikož tříválcový motor využívá méně ventilů, než klasický čtyřválcový agregát. Vlivem menšího počtu válců je možné uspořit hmotnost motoru a zároveň i jeho rozměry. Příkladem může být soudobý tříválcový motor Ford 1,0 l EcoBoost, jenž je dle vyjádření výrobce [12] tak malý, že se jeho blok válců vejde na list papíru formátu A4. Menší rozměry motoru jsou výhodou zejména tehdy, je-li třeba při konstruování automobilu zohlednit i kritérium rozměrů motorového prostoru. Stejně lze této výhody rovněž využít při navrhování hybridních automobilů, u kterých jsou požadavky na motorový prostor umocněny potřebou umístit také objemnou baterii. Tříválcové agregáty mohou být ve srovnání s motory čtyřválcovými lehčí a jejich konstrukce užší (rozměrové porovnání tříválcového a čtyřválcového agregátu je na obr. 2).



TRÍVÁLCOVÝ MOTOR 1,2 MPI

ČTYŘVÁLCOVÝ MOTOR 1,2 TSI

Obr. 2 Rozměrové porovnání tříválcového motoru 1,2 MPI se čtyřválcovým motorem 1,2 TSI [116][13]



1.2.2 KULTIVOVANOST CHODU

Jedním z požadavků uživatelů automobilů je, aby byl chod agregátu hladký a tichý. Zvláště při navrhování tříválcových motorů je nutné se těmito požadavky zabírat, jelikož tříválcové agregáty mívají v těchto oblastech nevýhody. Motor koná práci pouze při zažehnutí směsi a následné expanzi výfukových plynů. U tříválcce je úhel pootočení klikové hřídele mezi zážehy 240° (u čtyřválcového motoru je úhel pootočení klikové hřídele mezi zážehy 180°). Pořadí zapalování u tříválcového motoru je zobrazeno v tab. 1.

Tab. 1 Pořadí zapalování tříválcového řadového motoru (upraveno podle [14])

VÁLEC	POŘADÍ ZAPALOVÁNÍ
1	
2	
3	

Lze říci, že čím více má motor válců, tím jemněji je poskytován výkon. Pro dosažení hladkého přenosu výkonu je motor vybaven setrvačником. Setrvačnik využívá své setrvačnosti k tomu, aby udržoval konstantní rychlost motoru. Čím těžší setrvačnik se použije, tím rovnoměrněji bude agregát přenášet výkon. S rostoucí hmotností setrvačniku roste i hmotnost pohyblivých součástí, což způsobí snížení výkonu a zvýší se doba reakce motoru na změnu zatížení. Tříválcový agregát je předurčený pro přepřňování, jelikož má dlouhé intervaly mezi zážehy [15].

1.2.3 VIBRACE

Komfort při cestování automobily je pro uživatele automobilů velmi důležitý. Z tohoto důvodu je žádoucí zajistit, aby motor nepřenášel do karoserie přílišné vibrace. Vibrace pohonné jednotky jsou způsobeny pohybem vnitřních součástí motoru. Vlivem tohoto pohybu vznikají v motoru síly a momenty, které nejsou vnitřně vyrovnané. Převážnou část vibrací způsobuje vertikální pohyb pístu a ojnice. Vektorovým součtem všech těchto sil a momentů se dají vyjádřit výsledné účinky motoru na jeho okolí.

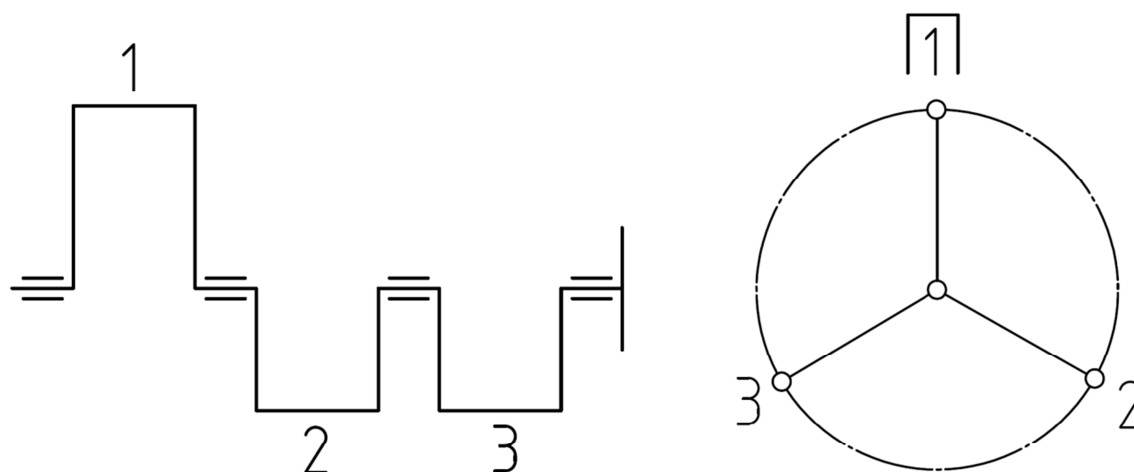
Je důležité minimalizovat vznik vibrací, které zkracují životnost součástek automobilu (zejména hlavních ložisek), způsobují hluk a snižují tak komfort posádky. Snížení vibrací motoru se řeší různými způsoby. Nejvíce účinné je tzv. vyvažování motoru, resp. vyvažování jeho klikového ústrojí. Dalším způsobem, jak snížit chvění automobilu je výběr vhodného upevnění motoru ke karoserii. Vyvážení klikové hřídele se rozděluje na vyvážení statické a dynamické. Motory se vyvažují zejména přidáním vyvažující hmoty na klikovou hřídel. Tyto vývažky snižují účinky setrvačných sil a momentů, které vznikají pohybem motorového ústrojí. Pokud nestačí agregát vyvážit použitím vývažků, používá většina výrobců motorů vyvažovací hřídel, která snižuje vibrace, jež jsou patrné zejména při volnoběžných otáčkách. Je nutné si uvědomit, že jakékoliv přidání hmoty, která se bude otáčet, bude mít za následek snížení výkonu a zvýšení hmotnosti a ceny agregátu [16] [17].

Dalším způsobem, jak dosáhnout klidného chodu motoru, je použití dynamicky vyváženého asymetrického setrvačniku na jedné straně klikové hřídele a na druhé straně použít podobně upravené rozvodové kolo, jejichž vzájemná nevyváženost způsobí, že se jejich účinky sečtou



s účinky vzniklémi od pohybu pístů, čímž dojde ke zmírnění výsledných účinků motoru na jeho okolí [18]. Takto byl vyřešen problém s vyvážením motoru např. u tříválcového agregátu Ford 1,0 l EcoBoost nebo u motoru 1,2 l HR12DDR (Nissan Micra), přičemž nebylo potřeba použít vyvažovací hřídel.

Nejčastější uspořádání tříválcového řadového motoru je znázorněno na obr. 3, kde jsou čepy klikové hřídele vzájemně otočeny o 120° . Mezi hlavní úkoly, které plní kliková hřídel spolu s ojnící, patří převod přímočarého pohybu pístu na pohyb otáčivý. Dojde tak ke vzniku točivého momentu, který je prostřednictvím klikové hřídele převeden na setrvačnick, ze kterého je dále přes spojku a převodovku tento moment převeden až ke hnacím kolům automobilu. Část točivého momentu je využita na pohon ventilového rozvodu, olejového čerpadla a dalších částí automobilu (chladicí soustava, pohon klimatizace, aj.). Kliková křídla se většinou vyrábí z jednoho kusu zápusťovým kování nebo odléváním z tvárné litiny. K uložení hřídele tříválcového řadového motoru je nejčastěji použito čtyř ložisek. Ložiska bývají kluzná nebo valivá.



Obr. 3 Kliková hřídel čtyřikrát uloženého řadového tříválcového motoru

Vlivem uspořádání zapalování, které u tříválcových motorů bývá většinou 1–3–2 (viz tab. 1), vznikají na klikové hřídeli kývavé pohyby od jednoho konce hřídele k druhému. Vzhledem k větším vibracím tříválcových motorů oproti motorům čtyřválcovým jsou na uložení tříválcového agregátu kladeny vysoké nároky. Často však kvůli používání různých druhů motorů v automobilu zůstává upevňovací pozice motoru nezměněná, resp. je udělán kompromis, který zaručí, že upevňovací pozice bude všem montovaným motorům alespoň částečně vyhovovat [16].

1.2.4 ZVUKOVÝ PROJEV

Dalším důležitým problémem, který je třeba řešit při navrhování automobilového motoru, je jeho výsledný zvukový projev. Nejjednodušším způsobem, jak měnit zvukový projev motoru je úprava částí výfukového systému. Výsledná akustika motoru závisí také na nastavení časování ventilů. Úpravy výfukového potrubí změnami v tzv. horké části výfuku mají malý dopad na výsledné motorové vlastnosti. Při úpravě tzv. studených částí výfuku dochází ke změně hlasitosti a již dochází k mírnému ovlivnění vlastností motoru. Výsledný zvukový projev tříválcových motorů je ve srovnání se čtyřválcovými agregáty značně odlišný. Příčinou



je jiná akustická kompozice, plynoucí z rozdílného počtu válců. Společnost *Tenneco*, která se zabývá vývojem a výrobou zařízení pro automobilový průmysl, zejména v oblasti výfukových systémů, zkoumala, které součástky a jak účinně ovlivňují výsledný zvuk tříválcového motoru. Pozornost byla soustředěna hlavně na vliv časování ventilů, vliv typu tlumiče výfuku a na vliv samotného tvaru výfukového potrubí. Z výzkumu vyplynulo, že i u tříválcových motorů lze bez velkých obtíží dosáhnout zvukového projevu, který se podobá automobilům patřícím do skupiny luxusních vozů, přičemž je vhodné použít absorpční tlumič výfuku. Lze tak snadno dosáhnout takového projevu motoru, při kterém bude zvuk agregátu v okolí volnoběžných otáček tichý, avšak v pásmu středních až vysokých otáček velmi sportovní [19].



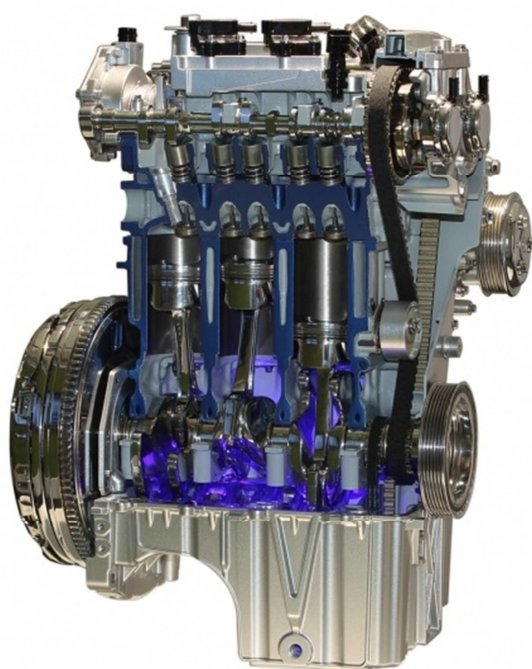
2 PŘEHLED A ROZBOR TŘÍVÁLCOVÝCH MOTORŮ

V současné době se na automobilovém trhu objevuje celá řada tříválcových motorů. Největší zastoupení mají zážehové agregáty. Vyrábějí se však i vznětové tříválcové motory. Převážná většina tříválcových motorů dosahuje kompresního objemu v rozmezí 900–1200 cm³, přičemž jejich použití je nejčastěji pro pohon vozidel patřících do kategorie minivozů a malých vozů. V této kapitole jsou u motorů podrobně popsány použité konstrukční prvky. Pozornost byla věnována motorům, které jsou potenciálně dostupné pro evropský trh (a přeneseně i pro trh tuzemský).

2.1 FORD 1,0 L EcoBOOST

Tříválcový motor (viz obr. 4, tab. 2) o objemu 999 cm³ není odvozen z žádného jiného čtyřválcového motoru, jako většina tříválcových motorů, nýbrž je to pohonná jednotka, jež je vyvíjena od počátku jako tříválcová. Důkazem, že jde o zdařilý agregát, je fakt, že se motor pyšní ziskem různých titulů a rekordů. Motor 1,0 l EcoBoost vyhrál anketu *International Engine of the Year 2012* [20] a překonal 16 světových rychlostních rekordů [21]. Jedná se o konstrukčně náročný agregát, který je nabízen ve třech verzích s maximálními výkony 92 kW, 88 kW a 74 kW. Nejsilnější verze dosahuje maximálního výkonu 92 kW při 6000 min⁻¹ a maximální točivý moment 170 N·m poskytuje v rozmezí 1500–4500 min⁻¹. Funkce *Overboost* dovoluje krátkodobě zvýšit plnicí tlak, což umožňuje verzi s 92 kW vyvinout točivý moment až 200 N·m [22].

Chlazení hlavy válců je podélně rozdělené do dvou okruhů, což umožňuje při studeném startu motoru chladit nejdříve oblast okolo výfukových ventilů a výfukového potrubí, které je integrováno do hlavy válců. Chladicí okruh hlavy válců je oddělen od chladicího okruhu bloku válců, což pomáhá k rychlejšímu zahřátí motoru na provozní teplotu. Jelikož jsou výfukové plyny chlazeny, není potřeba teplotu plynů dále snižovat vstřikováním nadbytečného množství paliva [23].



Obr. 4 Řez motorem Ford 1,0 l EcoBoost [20]



Tab. 2 Technické údaje motoru Ford 1,0 l EcoBoost [22][24][25][26][27]

Automobil	Ford Fiesta, B-MAX, C-MAX,	Ford B-MAX, Fiesta	Ford Focus, C-MAX
Motor	1.0 l EcoBoost	1.0 l EcoBoost	1.0 l EcoBoost
Typ	zážehový, přeplňovaný, přímé vstřikování	zážehový, přeplňovaný, přímé vstřikování	zážehový, přeplňovaný, přímé vstřikování
Zdvihový objem [cm ³]	999	999	999
Vrtání x zdvih [mm]	71,9 × 82	71,9 × 82	71,9 × 82
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	74/6000	88/6000	92/6000
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	170/1400-4000	170/1400-4000	170 / 1400-4500
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10	10	10
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	5,3/6,6/6,3 (1)	6/5,3 (2)	6,3/6,3 (3)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,7/4,3/4,5 (1)	4,2/3,7 (2)	4,2/4,5 (3)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,3/5,1/5,1 (1)	4,9/4,3 (2)	5/5,1 (3)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	99/119/117 (1)	114/99 (2)	114/129 (3)
(1) hodnoty platné pro model Fiesta (se systémem start-stop)/B-MAX/C-MAX; (2) hodnoty platné pro model B-MAX/Fiesta (se systémem start-stop); (3) hodnoty platné pro model Focus/C-MAX			

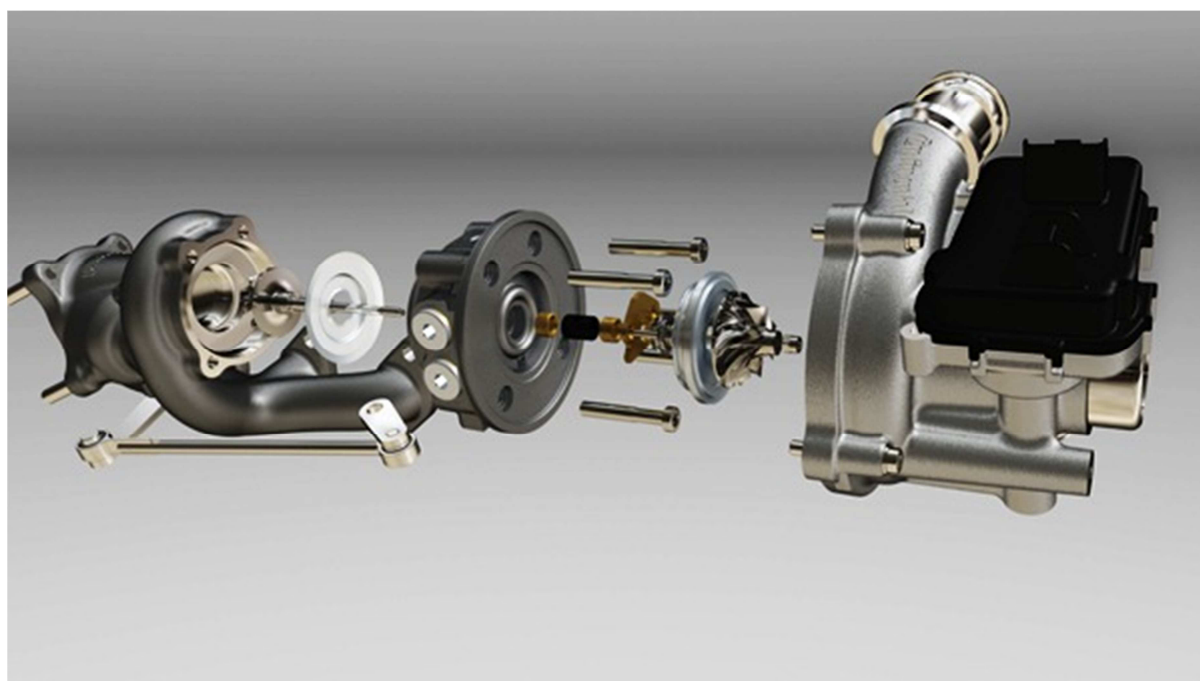
Přeplňování motoru je řešeno umístěním turbodmychadla do prostoru výfukového potrubí. Miniaturní turbodmychadlo (viz obr. 5) s malou setrvačností od firmy *Continental* se dokáže velmi rychle roztočit až na své maximální otáčky 248 000 min⁻¹. Toto turbodmychadlo je navrženo tak, že jej lze plně automatizovaně smontovat, jelikož jeho montáž probíhá pouze v jedné ose [28]. Díky malé setrvačnosti reaguje turbodmychadlo rychle na změnu rychlosti proudění plynů ve výfukovém potrubí. Dopravu paliva do spalovací komory zajišťuje systém přímého vstřikování. Motorem nasávaný čerstvý vzduch je přes sací ventil nasáván do prostoru spalovací komory, v níž dochází k promíchání vzduchu s benzinem, jenž je vstřikován do spalovacího prostoru pod vysokým tlakem. Výhoda použití přímého vstřikování, oproti vstřikování do sacího potrubí, spočívá ve snížení ztrát paliva, které vzniknou při kondenzaci paliva na stěnách potrubí a jeho následným nekontrolovaným tečením do spalovací komory. Pro poskytnutí dostatečného točivého momentu v nízkých otáčkách a zároveň pro dosažení vysokého výkonu ve vysokých otáčkách je použito nezávislé variabilní časování obou (sací i výfukové) váčkových hřídelí Ti-VCT (*Twin Independent Variable Camshaft Timing*).

Problém s vibracemi motoru, řešili konstruktéři podobným způsobem, který je použit například u motoru 1,2 l HR12DDR (Nissan Micra). Namísto vyvažovacího hřídele konstruktéři použili dynamicky vyvážený asymetrický setrvačnický na jedné straně a na druhé straně použili podobně upravené rozvodové kolo. Optimalizovaný systém upevnění motoru, který je chráněn několika patenty [29], pomohl snížit vibrace motoru. Dle testu redaktory



časopisu *Svět motorů* [30] dosahuje motor slyšitelných basových vibrací v oblasti otáček mezi 1300–1500 min⁻¹, avšak nad touto oblastí již vibrace patrné nejsou.

Ford se zaměřil i na snížení hmotnosti a snížení vnitřního tření v motoru. K pohonu vačkových hřídelí je použit rozvodový řemen, který je v malé míře vlhčen olejem, což snižuje tření a tím se zvyšuje jeho životnost. Pro čerpání oleje je použito olejové čerpadlo s proměnným objemem. Blok válců a kliková hřídel jsou vyrobeny z litiny, což vedlo k tomu, že vlivem stejné tepelné roztažnosti se mohla použít menší ložiska, která mají nižší valivý odpor. Dalšímu snížení tření pomohlo i přesazení klikové hřídele oproti ose válce. Snížení hmotnosti motoru má velký vliv na jízdní vlastnosti automobilu [29].



Obr. 5 Turbodmychadlo Continental [28]

Tento agregát se dodává do vozů Ford Focus, C-MAX, B-MAX a Fiesta. Motor se bude převážně vyskytovat v automobilech nižší střední třídy, což je poněkud ojedinělé, jelikož většina výrobců montuje své tříválcové motory do automobilů kategorie malých vozů a minivozů.

Dle parametrů výrobce dosáhl agregát [22] u verze s maximálním výkonem 92 kW, kterou používá Ford Focus, kombinované spotřeby paliva 5 l/100 km a hodnoty produkce emisí CO₂ 114 g/km. Dle testovacích jízd, provedených novináři v reálném provozu, je možné při úsporné jízdě dosáhnout spotřeby okolo 5,5 l/100 km. Je však možné předpokládat, že při méně úsporném jízdním stylu, při němž motor bude dosahovat vyšších otáček, nebo při převážení těžkého nákladu, se bude spotřeba paliva razantně zvyšovat, jelikož tento agregát je citlivý na jízdní styl [23] [31].

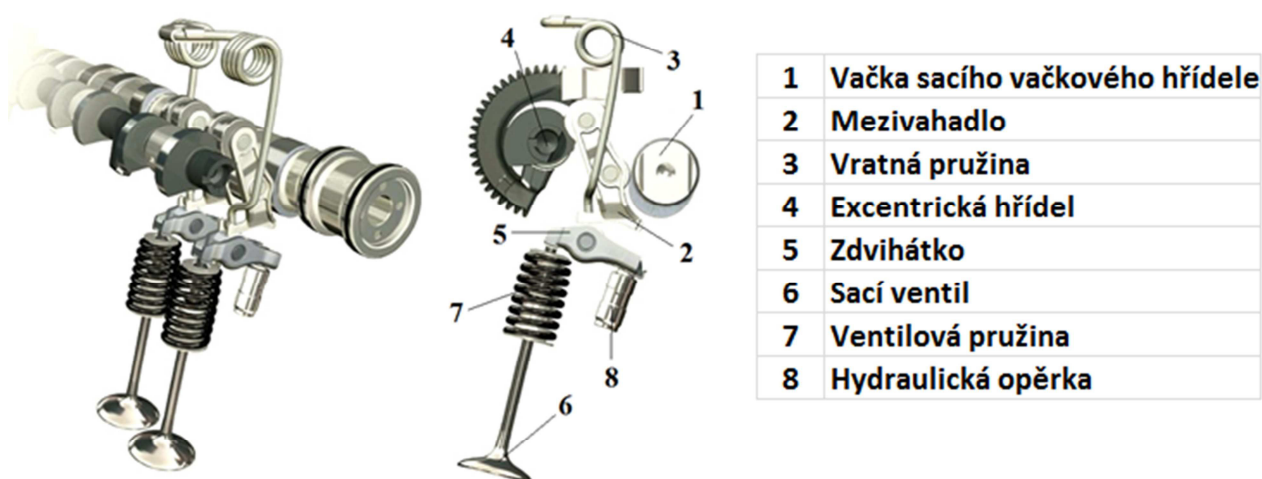
2.2 BMW 1,5 L

Vývojem tříválcových motorů se zabývá i německá automobilka BMW. Zatím sériově nevyrábí žádný automobil s tříválcovým agregátem, avšak již je ve vývoji tříválcový motor o zdvihovém objemu okolo 1500 cm³. Oficiální informace o konečných výstupních parametrech motoru zatím nejsou zveřejněné, bude se však jednat o zážehovou jednotku



s kódovým označením B37 a o vznětovou jednotku s označením B38 [32]. Zážehový agregát by se měl objevit ve voze BMW i8 (hybridní automobil). Oba tříválcové motory budou použity i v modelové řadě 1 a ve vozech Mini [33]. Agregát by měl dosahovat maximálního výkonu 164 kW a maximálního točivého momentu 300 N·m [34].

Nová tříválcová jednotka vznikla na základně šestiválcového řadového motoru, kterému byly odebrány tři válce. Mnoho komponentů a technických řešení je převzato z jiných typů motorů BMW, kde byla tato řešení náležitě prověřena. Agregát sdílí přibližně 60 % součástek s ostatními motory BMW, které spalují stejné palivo a přibližně 40 % součástek sdílí zážehová verze s verzí vznětovou [36].



Obr. 6 Schéma systému Valvetronic [35]

Motor bude vybaven mnoha technicky vyspělými systémy a technologiemi, které využívají i ostatní automobily BMW. Ke snížení spotřeby paliva a emisí přispívá využití technologie *TwinPower Turbo*. Tato technologie se skládá ze systému *Valvetronic* (*Variable Valve and Electronic*), přímého vstřikování paliva a systému přeplňování. Motor je přeplňován turbodmychadlem, které je řešeno jako dvoustupňové [37]. *Valvetronic* je systém, který kontroluje a upravuje velikost zdvihu sacích ventilů (viz obr. 6). Systém používá sadu přidavných vahadel, jež jsou umístěna mezi dřikem ventilu a vačkovou hřídelí a jejich nastavování je prováděno díky elektronicky ovládaným hřídelím. Tímto systémem lze uspořit až 10 % ze spotřeby paliva [38].

K eliminaci vibrací, které jsou typické pro tříválcové motory, použili konstruktéři vyvažovací hřídel a torzní tlumič vibrací [36]. Zvukový projev tříválcového motoru [39] je dle mého názoru velice působivý a sportovní. Frekvence zvuku se oproti čtyřválcovému motoru zvýšila o 50 % [3f]. BMW dokazuje, že je možné u tříválcových motorů dosáhnout dobrých zvukových výsledků, které se dají srovnávat s motory čtyřválcovými.

Podle vyjádření konstruktérů motoru [33], by měl být agregát zhruba o 10 kg lehčí, než současný zážehový motor 1,6 l, což může pomoci ke zlepšení jízdních vlastností automobilu. O hodnotě emisí CO₂ se zmínil vedoucí vývoje K. Dräger [40]. Dle jeho slov dosáhly emise CO₂ v blíže nespecifikovaném modelu s tříválcovým agregátem hodnoty 95 g/km.



2.3 HYUNDAI 1,1 CRDi

Tříválcový vznětový agregát 1,1 CRDi je k dispozici v automobilech Hyundai i20 a Kia Rio. Motor byl vyvinutý ve vývojovém centru pro vznětové motory Hyundai (*Hyundai's Diesel Centre of Excellence*) [41] a poskytuje maximální výkon 55 kW při 4000 min⁻¹ a maximální točivý moment 180 N·m v rozsahu 1750 až 2500 min⁻¹. Detailní technické údaje motoru jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Technické údaje motoru Hyundai 1,1 CRDi [42][43]

Automobil Motor	Hyundai i20 1,1 CRDi	Kia Rio 1,1 CRDi
Typ	vznětový, přeplňovaný	vznětový, přeplňovaný
Zdvihový objem [cm ³]	1120	1120
Vrtání x zdvih [mm]	75 × 84,5	75 × 84,5
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	55/4000	55/4000
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	180/1750-2500	170/1500-2750
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	16	16
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	4,6/4,2 (1)	4,5/3,9 (2)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,4/3,3 (1)	3,5/3,3 (2)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	3,8/3,6 (1)	3,9/3,6 (2)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	99/93 (1)	102/94 (2)

(1) hodnoty platné pro verzi normal/vybavenou systémem ISG (*Integrated Stop and Go*); (2) hodnoty platné pro model s 15" koly ve verzi normal/EcoDynamic

Při vývoji tohoto motoru bylo cílem dosáhnout nízké hodnoty emisí CO₂, optimalizovat akustické vlastnosti agregátu a vytvořit vhodný základ k dosažení budoucích, stále se zpřísňujících, emisních norem. Prvního z cílů se podařilo dosáhnout, neboť pohonná jednotka v automobilu Hyundai i20, v kombinaci se systémem ISG, produkuje pouhých 84 g/km CO₂. Velká pozornost se věnovala zlepšení výkonové charakteristiky motoru při nízkých otáčkách. Oproti původní verzi, u které maximální točivý moment 152 N·m vrcholí při 2000 min⁻¹, se dosáhlo navýšení točivého momentu o 28 N·m. K tomuto zlepšení výkonové charakteristiky přispělo vstřikovací zařízení *Common-Rail* od firmy *Delphi*, které dosahuje plnicího tlaku 1800 bar (předchozí motor používal vstřikovací zařízení od firmy *Bosh*, u něhož byl plnicí tlak 1600 bar). Zvýšením plnicího tlaku došlo ke zkrácení vstřikovacích intervalů. Tato jednotka je osazena tryskami s osmi otvory, které rozpráší směs na velmi jemné částičky, čímž dojde k dokonalejšímu hoření směsi, což má za následek nižší produkci emisí CO₂. Oproti předchozí verzi, která používala turbodmychadlo s variabilní geometrií lopatek, se konstruktéři rozhodli použít turbodmychadlo typu WGT (*Westengate Turbolader*). Výfukové plyny motoru jsou ochlazovány, čímž dojde ke snížení maximální teploty ve spalovací komoře. Agregát je také vybaven systémem EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), který řídí



recirkulaci výfukových plynů. Výfuková soustava byla zjednodušena díky eliminaci centrálního tlumiče výfuku. Konstrukteři se také zabývali snižováním hluku a kultivovaností motoru. Vibrace motoru jsou tlumeny použitím vyvažovací hřídele a také pomocí třibodového uložení motoru a převodovky [44] [45].

Motor dle výrobce dosahuje v automobilu Kia Rio kombinované spotřeby paliva 3,9 l/100 km [42] (verze se systémem ISG dosahuje kombinované spotřeby 3,6 l/100 km). Podle testování motoristickými redaktory [46] by se kombinovaná spotřeba paliva při reálném provozu, v závislosti na jízdním stylu, měla pohybovat spíše okolo hodnoty 4,2 l/100 km.

2.4 KIA 1,0 CVVT

Tříválcový motor, jehož technické údaje jsou uvedeny v tab. 4, vyvinuly ve společné spolupráci automobilky Kia a Hyundai. Tento agregát z konstrukční řady *Kappa* používá ke svému pohonu automobil Kia Picanto. Automobilky tím reagují na zvýšený zájem o vozy s malými provozními náklady. Hlavními požadavky, které byly kladeny na nový agregát, bylo dosáhnout nízkých výrobních nákladů a zvýšit účinnost motoru. Na počátku vývoje pohonné jednotky byla provedena studie, z níž se došlo k závěru, že nejvhodnějším typem pro splnění požadovaných kritérií bude tříválcový motor, který splní požadavky uživatelů na výkon motoru při současném udržení nízkých provozních a výrobních nákladů [2]. Výsledkem je moderní zážehový atmosférický motor, dosahující maximálního výkonu 51 kW při 6200 min⁻¹ a nejvyššího točivého momentu 95 N·m při 3500 min⁻¹.

Tab. 4 Technické údaje motoru Kia 1,0 CVVT [47]

Automobil	Kia Picanto
Motor	1.0 CVVT (Kappa 1.0 MPI)
Typ	zážehový, atmosférický
Zdvihový objem [cm ³]	998
Vrtání x zdvih [mm]	71 × 84
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	51/6200
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	95/3500
Konstrukce	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10,5
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	5,4/5 (1)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,6/3,6 (1)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,2/4,1 (1)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	99/95 (1)
(1) hodnoty platné pro model s 14" koly ve verzi normal/EcoDynamic	

Kromě tohoto motoru, spalujícího pouze benzin, je v nabídce varianta Bi-Fuel, která je konstrukčně uzpůsobena ke spalování LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), dále pak varianta FFV (*Flexible Fuel Vehicle*), jež umožňuje spalovat etanol a také verze TCI (*Turbocharger Intercooler*), která je navíc vybavena systémem přeplňování. Motor je vyroben ve více



verzích, poněvadž je používán v různých částech světa, jejichž požadavky a právní předpisy se od sebe vzájemně odlišují. Tyto odlišnosti mají pochopitelně dopad na konstrukci motorů. Na evropském trhu je zatím k dostání pouze pohonná jednotka, jež používá jako palivo benzin, proto se jí budu dále zabývat podrobněji.

Celohliníkový motor (viz obr. 7) disponuje mnoha systémy a technologiemi, díky nimž bylo možné dosáhnout lehkého motoru s nízkým vnitřním třením. Hmotnost samotného agregátu bez provozních náplní je 71,4 kg. K dosažení této hmotnosti přispělo i nevyužití vyvažovací hřídele, jež by eliminovala vibrace. Aby bylo možné vynechat vyvažovací hřídel při konstrukci motoru, bylo potřeba detailně optimalizovat návrh vyvažovacích závaží a uložení klikového mechanismu. Konstrukteři použili lehké ojnice, jejichž hmotnost je nižší, než je obvyklé u konkurenčních motorů [2]. Použitím metody PVD (*Physical Vapour Deposition*) byly písty pokryty ochrannou vrstvou MoS_2 (sulfid molybdeničitý), která dosahuje vysoké odolnosti proti oděru i při vysokých teplotách. Taktéž pístní kroužky byly pomocí metody PVD pokryty vrstvou CrN (nitrid chromu) [48].



Obr. 7 Motor Kia 1,0 CVVT [2]

K obsluze ventilů je použito dvou vačkových hřídelí, které jsou poháněny pomocí řetězu z klikové hřídele. Vrchní část povrchu zdvihátek ventilů je upravena technologií DLC (*Diamond Like Carbon*) [49]. K dosažení udávané spotřeby paliva a výkonové charakteristiky motoru pomohlo variabilní časování sacích i výfukových ventilů Dual-CVVT (*Dual Continiously Variable Valve Timing*), které upravuje nastavení ventilů vzhledem k zatížení motoru a otáčkám. Zařízení bylo u sériového automobilu této kategorie použito poprvé na světě [50]. Optimalizací sacího a výfukového potrubí se zlepšila efektivita nasávání a snížil se i odpor, který brzdí plyny při proudění potrubím. Zmiňované řešení mělo za následek zvýšení



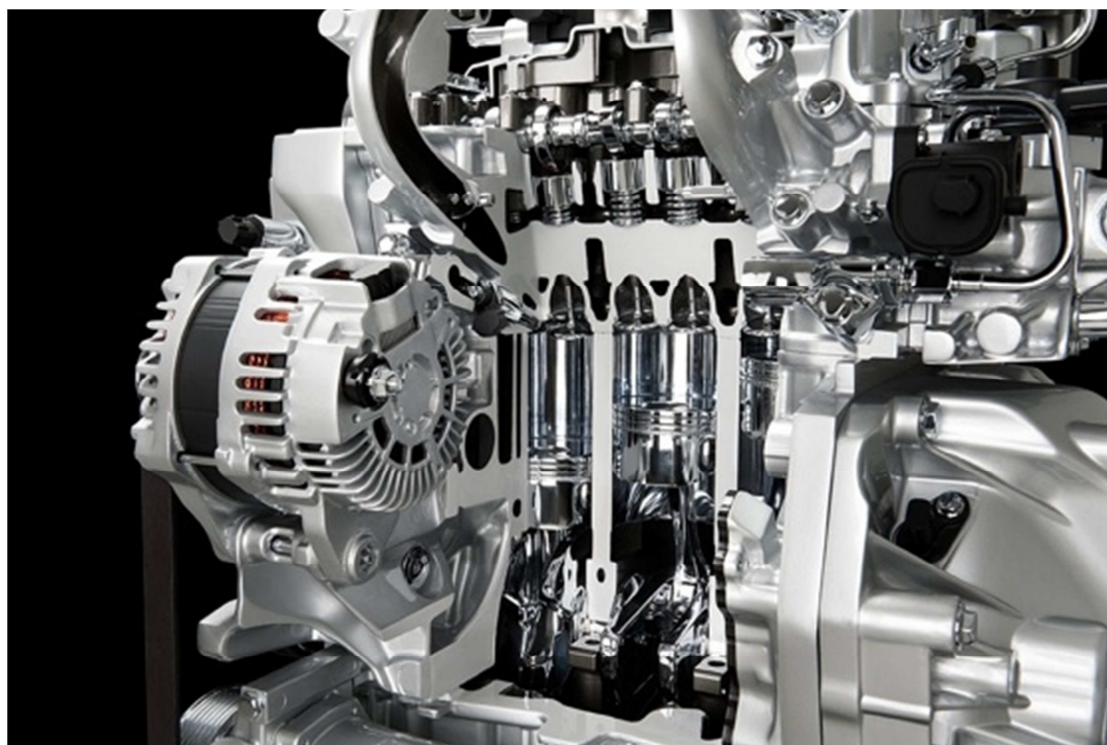
jmenovitého výkonu o 1,5 kW [2]. Agregát využívá systém VIS (*Variable Induction System*), který v závislosti na otáčkách upravuje dráhu výfukového vedení [49]. Aby se snížilo tření mezi pístem a stěnou válce, byla osa válce vyosena vůči klikové hřídeli o 11 mm [2].

Dle výrobce [47] dosahuje agregát kombinované spotřeby 4,2 l/100 km, přičemž hodnota emisí CO₂ je 99 g/km (verze *EcoDynamics* dosahuje kombinované spotřeby paliva 4,1 l/100 km a hodnoty emisí CO₂ 95 g/km). Automobil disponuje systémem ISG (*Idle Stop and Go*), který vypne a znovu nastartuje motor například při stání na semaforech. Tento systém by měl snížit spotřebu paliva o 5 až 6 % [49]. Dle testů [51] [52] [53] se kombinovaná spotřeba bude při reálném provozu pohybovat spíše okolo hodnoty 5 l/100 km.

V brzké době by se měl dostat do prodeje přeplňovaný tříválcový motor 1,0 TCI, který byl v říjnu roku 2012 představen na koncernové konferenci *International Powertrain*, která se konala v Hwaseongu. Pohonná jednotka, která bude dosahovat maximálního výkonu 78 kW a maximálního točivého momentu 137 N·m, však již bude využívat vyvažovací hřídel, jelikož zde vznikají vyšší dynamické tlaky než u atmosférické varianty agregátu [48] [54] [55].

2.5 NISSAN 1,2 L A 1,2 L DIG-S

Tříválcový zážehový motor HR12DE je odvozen ze čtyřválcového motoru HR16, který pohání modely Note a Qashqai [56]. Jeho maximální výkon 59 kW při 6000 min⁻¹ a maximální točivý moment 110 N·m při 4000 min⁻¹ je k dispozici v minivoze Nissan Micra, ve kterém je používán od roku 2010. Oproti novějšímu agregátu HR12DDR (viz obr. 8) nepoužívá mechanický kompresor, tudíž se jedná o atmosférický motor. Konstrukce je v mnohých komponentech shodná s novějším typem HR12DDR, který je modernější a technicky zajímavější, proto bude dále pojednáváno o přeplňované jednotce spolu s uvedením odlišností od atmosférické verze HR12DE. Technické parametry obou motorů jsou kompletovány v tab. 5.

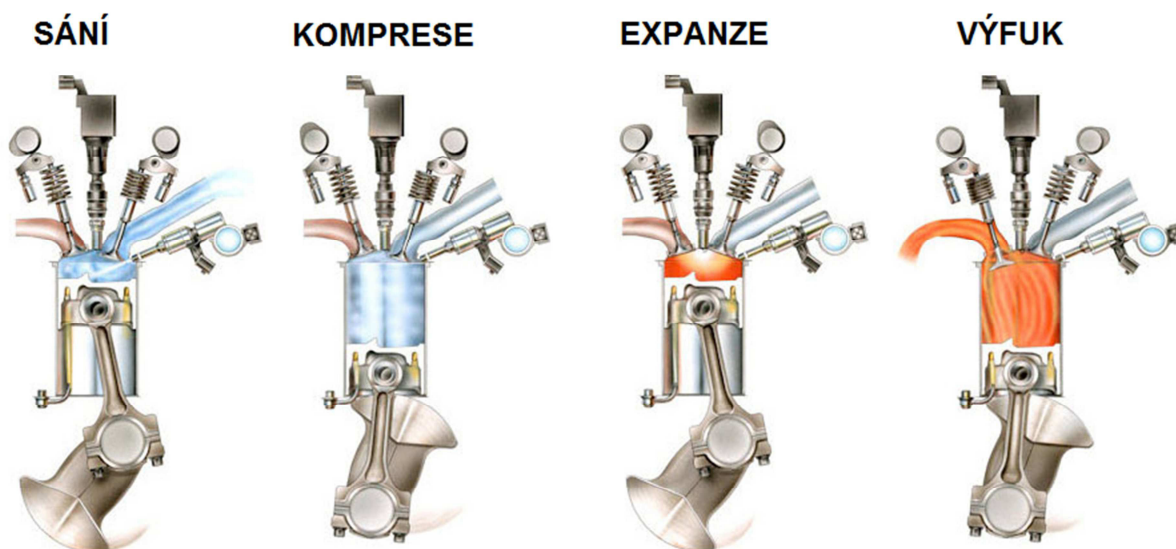


Obr. 8 Řez motorem Nissan 1,2 l DIG-S (HR12DDR) [57]



Přeplňovaný zážehový motor HR12DDR od Nissanu, který je vylepšením atmosférického tříválcového motoru HR12DE, dosahuje svého maximálního výkonu 72 kW při 5600 min^{-1} a maximální točivý moment 142 N·m je k dispozici při otáčkách 4400 min^{-1} [58]. Motor je unikátní tím, že používá Millerův cyklus a díky tomu využívá přeplňování pomocí mechanického kompresoru, který se používá spíše zřídka.

Millerův cyklus byl v roce 1940 patentován Ralphem Millerem. Tento cyklus se do značné míry podobá klasickému Ottovu cyklu. Oproti Ottovu cyklu se sací ventil nezavírá v okamžiku, kdy je píst v dolní úvratí, ale zůstává ještě chvíli pootevřený a k úplnému uzavření sacího ventilu dojde až po určité době (viz obr. 9), během které již píst koná pohyb vzhůru (obvykle zhruba v jedné pětině dráhy pístu). Tato úprava snížila tlaky v motoru, jelikož při kompresi není kladen tak velký odpor, jako by tomu bylo u motoru s Ottovým cyklem. Při pohybu pístu směrem k horní úvratí dochází při otevřeném sacím ventilu k vytlačování směsi zpět do sacího kanálu. Při tomto vytlačování směsi by docházelo k pulzacím tlaku. Řešením je přidat dmychadlo, které umožní přeplňování motoru. Často se používá Lysholmovo nebo Rootsovo dmychadlo. Jedná se o dmychadla mechanická, která jsou poháněna přes mechanickou vazbu přímo z klikové hřídele. Vysoce výkonné dmychadlo, jenž je složené z jednoho samčího a jednoho samičího rotoru, nasává vzduch, který následně stlačuje a dopravuje do spalovací komory. Jelikož při stlačování dojde ke zvýšení teploty plynů, je třeba použít mezichladič [59] [60].



Obr. 9 Pracovní oběh motoru s Millerovým cyklem [60]

K ovládání ventilového rozvodu je využito variabilní časování sacích ventilů VTC (*Valve Timing Control*). Millerův cyklus dosahuje dobrých výsledků v oblasti spotřeby paliva, avšak hodnoty točivého momentu bývají nižší. Díky tomu je zmiňovaný cyklus hojně využíván především v hybridních automobilech, které pohání benzinový motor s podporou elektromotoru, jenž pomáhá k dosažení vyšších hodnot točivého momentu [57].

Použití mechanického kompresoru bylo vhodné zejména kvůli využití Millerova cyklu, jelikož zde mají výfukové plyny menší energii, než u konvenčních spalovacích motorů. Mechanický kompresor je poháněn přes elektromagnetickou spojku motorem, tudíž je možné, při určitých režimech (malé zátěži), kompresor odpojit a uspořit tak energii, která by se musela vynaložit na otáčení kompresoru [61].



Udávaný kompresní poměr byl oproti motoru HR12DE zvýšen z 10,7 na 13. Tato hodnota je však poněkud zavádějící, skutečný kompresní poměr bude kvůli pozdějšímu uzavření sacích ventilů nižší. Při vyšším kompresním poměru dochází na konci komprese ke vzniku velmi vysokých teplot, kterým je třeba se vyhnout. Ke snížení teploty přispívá také vícebodové přímé vstřikování, jelikož palivo při vypařování odebírá teplo svému okolí. Vstřikovací zařízení používá k rozptýlení palivové směsi vstřikovače se šesti otvory [62].

Konstrukteři se zabývali také snižováním vnitřního tření motoru, přičemž použili moderní technologie. Zdvihátka ventilů a pístní kroužky byly pokryty vrstvou DLC. Povlaky DLC zvyšují životnost součástí a snižují tření, jelikož mají velmi malou hodnotu součinitele tření vůči oceli a vůči sobě navzájem. Tyto povlaky jsou chemicky inertní a dosahují velmi vysoké tvrdosti [63]. Na obr. 8 je možné zhlédnout, jak jsou vnitřní součástky motoru, u kterých dochází k tření, povrchově upraveny. Motor je také vybaven olejovým čerpadlem s proměnným objemem, které upravuje množství čerpaného oleje [64]. I přes problémy, které mají tříválcové motory s vyvážením, není součástí motoru vyvažovací hřídel. K eliminaci vibrací použili konstrukteři vyrovnávací protizávaží na řemenici [65].

K udržení nízké spotřeby paliva a emisí CO₂ byl použit systém start-stop. Díky své ojedinělé konstrukci dosahuje přeplňovaný motor dle výrobce [58] kombinované spotřeby 4,1 l/100 km, což je hodnota obvyklá spíše pro dieselové motory. Provedené testy novinářů ukazují, že tento agregát je velice úsporný a mohl by být schopen se při klidném tempu ke slibovaným hodnotám přiblížit [66].

Tab. 5 Technické údaje motoru Nissan 1,2 l a 1,2 l DIG-S [58]

Automobil Motor	Nissan Micra 1.2 l	Nissan Micra 1.2 l DIG-S
Typ	zážehový, atmosférický, vícebodové vstřikování	zážehový, přeplňovaný, vícebodové vstřikování
Zdvihový objem [cm ³]	1198	1198
Vrtání x zdvih [mm]	78 × 83,6	78 × 83,6
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	59/6000	72/5600
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	110/4000	142/4400
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10,7	13
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	6,1/6,7 (1)	5,0/5,9 (1)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	4,3/4,6 (1)	3,6/4,5 (1)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	5,0/5,4 (1)	4,1/5,0 (1)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	115/125 (1)	95/115 (1)

(1) hodnoty platné pro verzi s manuální převodovkou/s CVT (*Continuously Variable Transmission*)



2.6 OPEL 1,0 TWINPORT ECOTEC®

Nový tříválcový motor 1,0 Twinport Ecotec® od automobilky Opel nahrazuje předchozí tříválec 1,0 Ecotec. Tato pohonná jednotka je určena pro modely Agila a Corsa. Model Agila již na našem území není v prodeji, jelikož o něj nebyl dostatečný zájem [67]. Atmosférický agregát dosahuje u modelu Corsa maximálního výkonu 48 kW při 5300 min⁻¹ a nejvyššího točivého momentu 90 N·m při 4000 min⁻¹ [68]. Podrobné technické údaje jsou shromážděny v tab. 6.

Opel se snaží produkovat motory, které budou dosahovat nízké spotřeby paliva. Pro dosažení těchto cílů využívá tříválcový motor technologii *Twinport*. Technologie, v závislosti na zatížení motoru, upravuje proudění v sacím potrubí a společně s využitím recirkulace výfukových plynů pomáhá ke snížení spotřeby paliva. Agregát je vybaven celkem dvanácti ventily, které jsou ovládány prostřednictvím dvou vačkových hřídelí, jež jsou uloženy nad ventily. Jelikož do každého z válců ústí dva sací ventily, je sací potrubí před vstupem do jednotlivých válců rozděleno, čehož využívá technologie *Twinport*. V jednom z rozdělení se nachází podtlakově ovládaná klapka, jež se otevírá až při vyšším zatížení motoru. Při úsporné jízdě je palivová směs nasávána pouze přes jeden ventil. Pomocí výše popsané konstrukce bylo dosaženo žádoucího víření palivové směsi ve spalovací komoře, jelikož kvůli sníženému průtočnému průměru se zvýšila rychlost proudění směsi do spalovací komory. Při vyšším zatížení motoru se klapka otevře a směs je tak poté nasávána přes oba sací ventily. Blok válců společně s hlavou válců je odlit ze slitiny hliníku [69] [70].

Kombinovaná spotřeba paliva v modelu Corsa i Agila dosáhla při normovaném měřicím cyklu hodnoty 5 l/100 km, přičemž u modelu Corsa agregát vyprodukoval 117 g/km emisí CO₂ (u modelu Agila byly emise CO₂ 119 g/km) [71] [72].

Tab. 6 Technické údaje motoru Opel 1,0 Twinport Ecotec® [68] [69] [71] [72] [73]

Automobil	Opel Corsa + Agila
Motor	1.0 TWINPORT ECOTEC®
Typ	zážehový, atmosférický
Zdvihový objem [cm ³]	998
Vrtání x zdvih [mm]	73,4 × 79,4
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	48/5300(6000)
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	90/4000(4800)
Konstrukce	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10,5
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	6,3 (5,9)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	4,2 (4,4)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	5,0 (5,0)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	117 (119)
Hodnoty v závorce jsou platné pro model Agila	



2.7 1,2 VTi + 1,0i 65

Skupina PSA Peugeot Citroën od roku 2008 vyvíjí novou řadu tříválcových motorů. Vznikly tak pohonné jednotky o objemech 1,0 l a 1,2 l, jejichž technické parametry jsou uvedeny v tab. 7. Hlavním cílem tvůrců bylo vyrobit motory, které budou vykazovat menší spotřebu paliva a emisí CO_2 než jejich předchůdci, při zachování stejných výkonových parametrů. Specialista na vývoj motorů PSA Alexis Sol prohlásil [74], že byl při vývoji brán ohled na budoucí emisní normy Euro 6 a že se velká pozornost věnovala také snížení ztrát způsobených třením, přičemž se podařilo třecí ztráty snížit zhruba o 30 %. Při vývoji motorů bylo zaregistrováno celkem 52 patentů, z nichž se jich 23 vztahuje ke složení motoru, 20 ke kontrole motoru a 9 patentů bylo zaregistrováno na ochranu speciálních výrobních postupů a nářadí [75].



Obr. 10 Automobil Peugeot 301 [76]

Nejsilnějším agregátem z této skupiny je tříválcový motor 1,2 VTi 82. Tento nepřepřlňovaný motor se dodává do vozů Citroën DS3 a Peugeot 208. Motor dosahuje maximálního výkonu 60 kW při otáčkách 5750 min^{-1} a maximální točivý moment $118 \text{ N}\cdot\text{m}$ je dosažen při 2750 min^{-1} . Touto pohonnou jednotkou, avšak s jiným naladěním, disponují také automobily Citroën C-Elysée a Peugeot 301 (viz obr. 10). Zmíněné modely používají motor 1,2 VTi 72, který dosahuje maximálního výkonu 53 kW při 5500 min^{-1} a maximálního točivého momentu $110 \text{ N}\cdot\text{m}$ při 3000 min^{-1} .

Agregát je možné provozovat i v oblastech s nižší kvalitou benzinu, jelikož je speciálně upraven tak, aby byl schopen spalovat i méně kvalitní palivo [77]. Ke snížení celkové hmotnosti pomohla integrace výfukového potrubí do hlavy válců a také použití hliníkové slitiny jako materiálu pro blok motoru a hlavu válců [78]. Charakteristické vibrace tříválcového motoru jsou eliminovány použitím vyvažovací hřídele, která se otáčí v opačném smyslu, než kliková hřídel. Motor je vybaven variabilním časováním ventilů jak na sací, tak i na výfukové straně motoru. Značná část úsilí tvůrců byla věnována optimalizaci spalovacího procesu, zvláště pak zdokonalení hoření palivové směsi, což mělo za následek dosažení nižších emisí CO_2 [79].

Dopravu oleje na mazací místa zabezpečuje olejové čerpadlo s proměnným objemem. Pro snížení ztrát byly součásti, u kterých dochází k velkému tření (např. pístní čepy), pokryty vrstvou DLC. Váčkové hřídele pohánění rozvodový řemen, který je bezúdržbový a měl by tudíž



vydržet po celou dobu životnosti automobilu. Chladičí okruh motoru je dělený v oblasti hlavy válců a bloku motoru, což umožňuje rychlejší dosažení optimální teploty motoru při studených startech [75]. Dle výrobce [76] dosahuje motor kombinované spotřeby paliva 5,3 l/100 km (5,2 l/100 km při použití úsporných pneumatik), což je hodnota, kterou je, dle testů novinářů [80] [81], možné dosáhnout v reálném provozu. Od roku 2013 doplní skupinu motorů přeplňovaný turbomotor o zdvihovém objemu 1,2 l, který bude obsahovat systém Stop&Start a systém přímého vstřikování paliva [74].

Tab. 7 Technické údaje motorů 1,2 VTi a 1,0i 65 [76] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88]

Automobil	Citroën C-Elysée, Peugeot 301	Citroën DS3; Peugeot 208	Citroën C1, Peugeot 107+208, Toyota Aygo+Yaris
Motor	1.2 VTi 72	1.2 VTi 82	1.0i 65
Typ	zážehový, atmosférický, vicebodové elektronické vstřikování	zážehový, atmosférický, vicebodové elektronické vstřikování	zážehový, atmosférický, elektronické vicebodové vsřikování
Zdvihový objem [cm ³]	1199	1199	998
Vrtání x zdvih [mm]	75 × 90,5	75 × 90,5	71 × 84
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	53/5500	60/5750	50/6000
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	110/3000	118/2750	93/3600
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	[11,1]	11,1	11
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	6,9/7 (1)	5,5	5,1 (2)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	4,2/4,3 (1)	3,9	3,8 (2)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	5,2/5,3 (1)	4,5	4,3 (2)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	119/124 (1)	104	99 (2)

(1) hodnota platná pro model C-Elysée s 16" disky kol/Peugeot 301; (2) hodnota platná pro automobil Citroën C1

Tříválcový agregát o objemu 1,0 l je motorem, který používají automobily Citroën C1, Peugeot 107, Peugeot 208, Toyota Aygo a Toyota Yaris. Tento agregát dosahuje maximálního výkonu 50 kW při otáčkách 6000 min⁻¹ a při 3600 min⁻¹ nabízí svůj maximální točivý moment 93 N·m. Motor, na rozdíl motoru 1,2 l VTi, nevyužívá k eliminaci vibrací vyvažovací hřídel. Dle zkušeností motoristických redaktorů [89] [90] jsou postřehnutelné nemalé vibrace a hluk tříválcového motoru, které má z části na svědomí použití rozvodového řetězu k pohonu váčkových hřídelí. Součástí agregátu je systém variabilního časování ventilů VVT-i. Kombinovaná spotřeba, udávaná výrobcem [91], u modelu Peugeot 107 činí 4,3 l/100 km a emise CO₂ dosáhly hodnoty 99 g/km. Dle testů [92], provedených novináři, je v reálném provozu možné se s tímto motorem k této spotřebě paliva přiblížit.



2.8 RENAULT ENERGY 0,9 TCe 90 k

Tento motor se využívá k pohonu ve vozidlech Renault Clio a Dacia Sandero. Jedná se o tříválcový, zážehový, dvanáctiventilový motor (viz obr. 11) o zdvihovém objemu 898 cm³. Agregát je odvozený z již downsizingovaného čtyřválcového agregátu 1,2 TCe, který by měl postupně nahradit. Pohonná jednotka dosahuje maximálního výkonu 66 kW při 5250 min⁻¹ a maximálního točivého momentu 135 N·m při 2500 min⁻¹, přičemž již od otáček 1650 min⁻¹ poskytuje agregát 90 % z maximálního točivého momentu. Technické údaje agregátu jsou kompletovány v tab. 8.

Tab. 8 Technické údaje motoru Renault Energy 0,9 TCe 90 k [93] [94]

Automobil	Renault Clio, Dacia Sandero
Motor	Renault Energy 0,9 TCe 90 k
Typ	zážehový, přeplňovaný, přímé vstřikování
Zdvihový objem [cm ³]	898
Vrtání x zdvih [mm]	72,2 × 73,1
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	66/5250
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	135/2500
Konstrukce	DOHC, 12V
Kompresní poměr	9,5
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	5,6/6,4 (1)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,9/4,3 (1)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,5/5,0 (1)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	105/116 (1)

(1) hodnoty platné pro automobil Renault Clio/ Dacia Sandero

Přeplňování motoru má na starosti jedno nízkotlaké turbodmychadlo, které má dle výrobce nejnižší plnicí tlak na trhu [95]. K hladkému náběhu točivého momentu velmi pomáhá použití variabilního časování ventilů (VVt). Váčkové hřídele jsou poháněny přes rozvodový řetěz, který pro snížení tření používá teflonovou úpravu [96]. Značnou zásluhu na snížení třecích ztrát v motoru má použití povrchů s nízkým koeficientem tření. Zdvihátka ventilů jsou ošetřena technologií DLC. Nižšímu tření přispívají také grafitem pokryté stěny válců a povrchy pístních kroužků, které jsou upravené metodou PVD. Těmito úpravami povrchů se docílilo snížení třecích ztrát o 2 % [97].



Obr. 11 Motor Renault Energy 0,9 TCe [97]

Snížení spotřeby paliva a emisí CO_2 pomohl i systém ESM (*Energy Smart Management*), který je kombinovaný se systémem start-stop (S&S). ESM je systém, jenž při brzdění dobíjí baterii, která poté, je-li dostatečně nabitá, pomáhá při rozjezdu automobilu. Další úspory paliva vznikly použitím olejového čerpadla s proměnným průtokem, optimalizací spalovacího procesu a účinným řízením teploty v motoru.

V automobilu Renault Clio tento motor dle výrobce [93] docílil kombinované spotřeby paliva 4,5 l/100 km a jeho emise CO_2 dosáhly hodnoty 105 g/km. Dle testů [98] [99] [100] [101] se při reálném provozu spotřeba paliva výrazně liší od údajů uváděné výrobcem a motor při volnoběžných otáčkách trpí vibracemi. Spotřeba paliva by se v reálných podmínkách měla pohybovat spíše okolo 6 l/100 km, v závislosti na stylu a podmínkách jízdy.

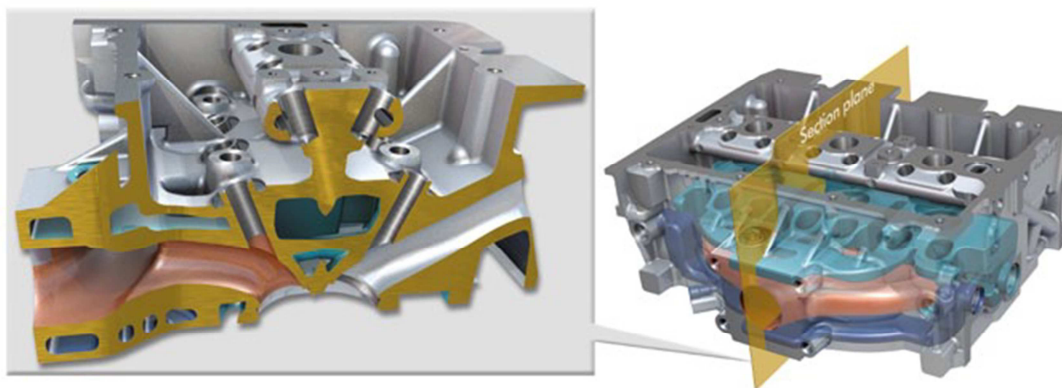
2.9 ŠKODA 1,0 MPI

Zážehový tříválcový motor o zdvihovém objemu 999 cm^3 je k dispozici v minivozech Škoda Citigo, Volkswagen up! a Seat Mii. Benzinové motory jsou nabízeny ve dvou výkonových variantách, přičemž slabší varianta dosahuje maximálního výkonu 44 kW při 5500 min^{-1} a výkonnější verze dosahuje maximálního výkonu 55 kW při 6200 min^{-1} . Oba druhy naladění mají stejný maximální točivý moment 95 N·m, jenž je k dispozici v rozmezí $3000\text{--}4300 \text{ min}^{-1}$. Verze CNG (Compressed Natural Gas) dosahuje svého maximálního výkonu 50 kW při 6200 min^{-1} a svého maximálního točivého momentu 90 N·m v rozmezí $3000\text{--}4300 \text{ min}^{-1}$. Kvůli malé hodnotě výhřevnosti zemního plynu jsou maximální výkonové charakteristiky u CNG verze nižší než u benzinových agregátů [102]. Technické údaje jednotlivých motorů jsou uvedeny v tab. 9.

Celohliníkový motor EA211 (viz obr. 13) byl vyvíjen s důrazem na snížení hmotnosti, vnitřních odporů a výrobních nákladů. Použitím šesti vyvažovacích závaží, která snížila



vnitřní síly na klikové hřídeli, bylo možné vynechat vyvažovací hřídel [102]. Hlava válců je spojena s integrovaným, vodou chlazeným, výfukovým potrubím (viz obr. 12), které spolu s dvojitým okruhem chlazení motoru zajišťuje rychlé dosažení provozních teplot motoru při studených startech. Toto řešení, zvláště u minivozů, které jsou převážně používány pro městský provoz, snižuje opotřebení motoru a spotřebu paliva. Prostor nad spalovacími komorami je ochlazován příčným tokem chladicí kapaliny, která protéká v oblasti výfukových ventilů a poté ochlazuje prostor nad společným ústím výfukového potrubí. Chladicí čerpadlo, které je integrované s termostatem, je upevněno k hlavě válců a ozubeným řemenem je poháněno z výfukové vačkové hřídele [103].



Obr. 12 Hlava válců s integrovaným výfukovým vedením (Škoda 1,0 MPI) [102]

Tab. 9 Technické údaje motoru Škoda 1,0 MPI [103][104]

Automobil	Škoda Citigo+VW Up!+Seat Mii	Škoda Citigo+VW Up!+Seat Mii	Škoda Citigo+VW Up!+Seat Mii
Motor	1,0 l/44 kW	1,0 l/55 kW	1,0 l/50 kW - CNG
Typ	zážehový, atmosférický	zážehový, atmosférický	zážehový, atmosférický
Zdvihový objem [cm ³]	999	999	999
Vrtání x zdvih [mm]	74,5 × 76,4	74,5 × 76,4	74,5 × 76,4
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	44/5000-6000	55/6200	50/6200
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	95/3000-4300	95/3000-4300	90/3000-4300
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10,5	10,5	11
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	5,6/5,0/5,3 (1)	5,9/5,1/5,5 (1)	
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,9/3,6/3,9 (1)	4,0/3,7/4,0 (1)	
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,5/4,1/4,4 (1)	4,7/4,2/4,5 (1)	4,4 (2)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	105/95/103 (1)	108/98/105 (1)	79

(1) hodnoty platí pro automobil Škoda Citigo ve variantě normal/s paketem GreenTec/s automatizovanou převodovkou ASG;
 (2) kombinovaná spotřeba paliva automobilu Škoda Citigo v m³/100 km



Vačkové hřídele jsou poháněny pomocí ozubeného řemene, který je bezúdržbový, tudíž se nepočítá s jeho výměnou během životnosti motoru. Ventilový rozvod je ovládán vahadly s kladičkami, které mají nízký třecí odpor. Dvanáctiventilový motor využívá variabilního časování sacích ventilů, což umožňuje dokonalejší výměnu náplně ve spalovacím prostoru. K potlačení vibrací nemají hnací kola sacích a výfukových vačkových hřídelí dokonale kruhový tvar, avšak vyčnívají ve třech bodech, což v konečném důsledku snížilo zátěž napínáku rozvodového řemenu [102].

CNG verze se od verze benzinové v určitých konstrukčních prvcích odlišuje. Její kompresní poměr byl zvýšen z původních 10,5 na 11,5. Jelikož je možné i s CNG verzí spalovat benzin, obsahuje varianta kromě nádrže na CNG i benzinovou nádrž na 10 l. Škoda Citigo může být vybavena paketem Green tec, s nímž 44 kW verze dosáhne dle výrobce [104] kombinované spotřeby 4,1 l/100 km a vyprodukuje 95 g CO₂/km. Spotřeba benzinové verze by se dle testu [105] měla pohybovat okolo spotřeby 6 l/100 km.



Obr. 13 Motor Škoda 1,0 MPI (EA211) [102]

2.10 ŠKODA 1,2 MPI

Automobilka ŠKODA AUTO má s tříválcovými agregáty poměrně dlouhodobou zkušenost. V roce 2002 automobilka představila tříválcový motor 1,2 HTP (*High Torque Performance*) s maximálním výkonem 40 kW. O rok později uvedl výrobce na trh pohonnou jednotku, která využívala k dosažení svého maximálního výkonu 47 kW dváctiventilovou techniku (předchozí verze měla 6 ventilů). V roce 2007 byla představena druhá generace modelu Škoda Fabie, u které proběhla modernizace motorů spolu se zvýšením maximálních výkonů na 44 a 51 kW. Nyní se tento agregát vyskytuje u vozidel Škoda Fabia, Škoda Roomster, Volkswagen Polo a Seat Ibiza. Silnější varianta 1,2 MPI (*Multi Point Injection*), dosahující maximálního výkonu 55 kW, je k dispozici u automobilů Škoda Rapid a Seat Toledo.



Tab. 10 Technické údaje motoru Škoda 1,2 MPI [106] [107] [108] [109] [110] [111] [112] [113]

Automobil	Škoda Fabia+VW Polo	Škoda Fabia+Roomster+VW Polo	Škoda Rapid+Seat Ibiza
Motor	1,2 I/44 kW	1,2 I/51 kW	1,2 I MPI 55 kW
Typ	zážehový, atmosférický	zážehový, atmosférický	zážehový, atmosférický
Zdvihový objem [cm ³]	1198	1198	1198
Vrtání x zdvih [mm]	76,5 × 86,9	76,5 × 86,9	76,5 × 86,9
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	44/5200	51/5400	55/5400
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	108/3000	112/3000	112/3750
Konstrukce	OHC, 6V	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	10,3	10,5	
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	7,3	7,3/6,8/8,2 (1)	8,4/8 (2)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	4,5	4,5/4,3/5,0 (1)	4,8/4,5 (2)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	5,5	5,5/5,2/6,2 (1)	6,1/5,8 (2)
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	128	128/119/143 (1)	137/134 (2)

(1) hodnota pro verzi normal/s paketem Green tec (u vozu VW Polo - BlueMotion Technology)/model Roomster; (2) hodnoty platné pro model Rapid/Ibiza

Atmosférická pohonná jednotka 1,2 HTP je odvozena ze čtyřválcového motoru 1,6 l vyvinutého automobilkou Volkswagen. Motor 1,2 HTP je mezi řidiči nechvalně známý, především kvůli řadě technickým problémů, které jej po řadu let doprovázejí. Mezi velmi časté obtíže patří nepravidelný a nestabilní volnoběh. Zmiňované problémy jsou obvykle způsobeny ztrátou komprese, jež je zapříčiněna nedostatečným dovíráním výfukových ventilů. Další obtíže toho motoru spočívají ve vyšší provozní teplotě motorového oleje, jež se během dálničního provozu dostává až k hodnotám kolem 150 °C. Takto vysoké teploty jsou typické spíše pro závodní motory, používající velice kvalitní speciální motorové oleje. Ke zvýšené teplotě motoru přispělo i umístění katalyzátoru, který se nachází přímo nad olejovým kanálem, čímž dochází k nepříznivému ohřívání oleje. Při vývoji se kladl důraz především na dosažení nízké spotřeby paliva, nízké hmotnosti, vysokého točivého momentu, nízkých nároků na údržbu, nízkých emisních limitů a dlouhodobé kvality [114]. Jednou z hlavních výhod motoru měla být nízká spotřeba paliva. Tohoto cíle se však v praxi nedosáhlo, jelikož tento poměrně slabý motor, který byl umístěn do vozu vážícího přes 1000 kg, je potřeba k dosažení dostatečného výkonu udržovat ve vyšších otáčkách, což k dosažení nízké spotřeby paliva nepřispívá [115].

Dnes je modernizovaný atmosférický agregát, jehož podrobné technické údaje jsou uvedeny tab. 10, dostupný ve verzích s výkony 44, 51 a 55 kW. Nejsilnější varianta dosahuje maximálního výkonu při 5400 min⁻¹ a maximální točivý moment 112 N·m je k dispozici při 3750 min⁻¹. Nejslabší varianta využívá rozvod typu OHC (*Over Head Camshaft*) s celkem šesti ventily. Ostatní verze již využívají rozvod typu DOHC (*Double Over Head Camshaft*) se čtyřmi ventily na válec. Nejnovější typ agregátu, který používá Škoda Rapid, se zřejmě



z marketingových důvodů, nazývá 1,2 MPI. Jak již z označení motoru vyplývá, dopravu palivové směsi do spalovací komory má na starosti vícebodové vstřikování. Pohonná jednotka konstrukčně vychází z výše zmiňovaného tříválcového agregátu 1,2 HTP, avšak prošla řadou úprav. Konstrukteři se zaměřili zejména na zjemnění a zklidnění chodu motoru a také na jeho odhlučnění. Zklidnění chodu pohonné jednotky je dosaženo použitím vyvažovací hřídele. Kvůli snížení vibrací, které jsou výrazné zejména při stání na místě, došlo ke zvýšení volnoběžných otáček na hodnotu 840 min^{-1} . Zjemnění odezvy na plynový pedál je dosaženo díky asistentu rozjezdu, který při pouštění spojkového pedálu upravuje nástup točivého momentu. Zvýšení výkonu z původních 51 kW na výsledných 55 kW bylo dosaženo zejména optimalizací proudění nasávaného vzduchu a také snížením zpětného tlaku ve výfukovém potrubí. Použití jiných pístních kroužků, než které byly využívány předchozí verzí, pomohlo ke snížení tření v motoru [116]. Pro pohon olejového čerpadla a rozvodového kola je použit ozubený řetěz, u kterého je kladen důraz na akustické vlastnosti. Další změny motoru byly provedeny zejména v oblasti hmotnostních úspor, které pomohly k dosažení emisních norem EURO 5 [117].

Dle výrobce [106] dosahuje tříválcový motor v automobilu Škoda Rapid kombinované spotřeby paliva 5,8 l/100 km. Testy provedené novináři [116] [118] ukazují, že by se průměrná spotřeba při reálném provozu měla pohybovat v rozmezí 6–6,5 l/100 km. Nejnižší kombinované spotřeby paliva (5,2 l/100 km) dosahuje tento agregát ve voze Škoda Fabia v provedení s paketem Green tec [107].

2.11 ŠKODA 1,2 TDI CR

Tříválcový vznětový motor (viz obr. 14), představený v roce 2009, konstrukčně vychází ze čtyřválcového vznětového agregátu 1,6 TDI, kterému byl odebrán jeden válec. Nyní je k dispozici ve vozidlech Volkswagen Polo, Seat Ibiza, Škoda Fabia a Škoda Roomster. Motor je naladěn na jedinou výkonovou variantu, která dosahuje maximálního výkonu 55 kW při 4200 min^{-1} a její maximální točivý moment $180 \text{ N}\cdot\text{m}$ je k dispozici již při 2000 min^{-1} . Technické údaje motoru jsou shromážděny v tab. 11.



Obr. 14 Motor 1,2 TDI CR [119]



Agregát je vybaven technologií vysokotlakého přímého vstřikování *Common-Rail*. Vstřikovací zařízení s piezoelektricky ovládanými vstřikovači bez přepadů, vyvinuté společností *Delphi*, dosahuje maximálního vstřikovacího tlaku 1800 bar. U této součástky jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu a zpracování, jelikož správnost její funkce významně ovlivňuje výsledné parametry motoru. Při vývoji agregátu bylo cílem dosáhnout co nejnižších hodnot spotřeby paliva a emisí při zachování dostačující jízdní dynamiky. K uskutečnění těchto cílů bylo zapotřebí minimalizovat třecí ztráty v motoru a snížit hmotnost jednotlivých součástí agregátu. Motor používá téměř čtvercový poměr vrtání k zdvihu ($79,5 \times 80,5$ mm), díky čemuž vykazuje nízké třecí ztráty v oblasti mezi vložkou válce a pístem. Úpravy, vedoucí ke snížení ztrát, byly provedeny také na sacím potrubí, chladicím okruhu a na olejovém vedení [119].

V poslední době je obvyklé vybavit automobil dodatečnými úpravami a systémy, které dosahují ještě příznivějších hodnot spotřeby paliva a emisí CO_2 . Ve variantě Green tec dosáhla Škoda Fabia kombinované spotřeby paliva 3,4 l/100 km a vyprodukovala 89 g/km CO_2 [114]. Dle testu [120] se dají tyto hodnoty považovat za dosažitelné i v reálném provozu.

Tab. 11 Technické údaje motoru Škoda 1,2 TDI CR [108] [109] [113] [121]

Automobil	Škoda Fabia + Roomster, VW Polo, Seat Ibiza
Motor	1,2 TDI CR
Typ	vznětový, přeplňovaný
Zdvihový objem [cm^3]	1199
Vrtání x zdvih [mm]	79,5 × 80,5
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	55/4200
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	180/2000
Konstrukce	DOHC, 12V
Kompresní poměr	16,5
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	4,6/4,1 (1)
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,3/3 (1)
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	3,8/3,4 (1)
Emise CO_2 při kombinované spotřebě [g/km]	99/89 (1)
(1) hodnoty platí pro automobil Škoda Fabia a VW Polo ve verzi normal/GreenLine (BlueMotion)	

2.12 SUZUKI 1,0 VVT

Automobilka Suzuki provozuje ve dvou svých modelech tříválcový motor o objemu 996 cm^3 . Jedná se o minivůz Suzuki Alto a automobil Suzuki Splash, který již patří do kategorie malých vozů. Agregát je poskytován pouze v jedné výkonové variantě. Dle výrobce [122] je hodnota maximálního výkonu 50 kW dosažena při 6000 min^{-1} a maximální točivý moment 90 N·m je u modelu Splash dostupný při 4800 min^{-1} (u modelu Alto výrobce



udává [123], že hodnota maximálního točivého momentu $90 \text{ N}\cdot\text{m}$ je dosažena při 3400 min^{-1}). Technické údaje motoru lze nalézt v tab. 12.

Agregát je vybaven dvojicí vačkových hřídelí, které jsou umístěny nad ventily. Za zmínku stojí, že činnost sacích i výfukových ventilů je řízena systémem variabilního časování ventilů VVT [124], což u většiny tříválcových motorů není k dispozici, jelikož se obvykle používá systém variabilního časování ventilů pouze na sací straně. Toto řešení přineslo lepší odezvu motoru na požadavky řidiče a zároveň přispělo k optimalizaci spalovacího procesu, což má za následek snížení spotřeby paliva. Kvůli úspoře hmotnosti je motor vyroben z hliníku a plastové sací vedení je tvarováno tak, aby byly sníženy ztráty v sacím vedení [124]. Výrobce u modelu Suzuki Alto dosáhl kombinované spotřeby paliva $4,3 \text{ l/100 km}$. Dle testování redaktory motoristických serverů [125] [126] je tato hodnota spotřeby paliva v reálném provozu dosažitelná. Snížení vibrací, které jsou většinou patrné při volnoběžných otáčkách, se dle testů [127] [128] podařilo u modelu Splash, avšak u modelu Alto jsou již vibrace patrné více.

Tab. 12 Technické údaje Suzuki 1,0 VVT [122] [123]

Automobil	Suzuki Alto	Suzuki Splash
Motor	1,0 VVT	1,0 VVT
Typ	zážehový, atmosférický	zážehový, atmosférický
Zdvihový objem [cm^3]	996	996
Vrtání x zdvih [mm]	$73 \times 79,4$	$73 \times 79,4$
Maximální výkon [kW/min^{-1}]	50/6000	50/6000
Maximální točivý moment [$\text{N}\cdot\text{m/min}^{-1}$]	90/3400	90/4800
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	[11]	11
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	5,2	5,6
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,8	4,2
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,3	4,7
Emise CO_2 při kombinované spotřebě [g/km]	99	109

2.13 MOTORY SMART

Automobilka Smart má s tříválcovými motory několikaleté zkušenosti. Již od roku 1998 používal model Smart Fortwo tříválcový benzinový agregát o objemu 599 cm^3 . V roce 2002 přišla modernizace modelu, přičemž zdvihový objem benzinové pohonné jednotky byl zvýšen na 698 cm^3 a v nabídce přibyl tříválcový vznětový agregát, jehož zdvihový objem byl 799 cm^3 . Od roku 2007 je nabízena druhá generace automobilu Smart Fortwo, která používá motory vyvinuté a vyráběné automobilkou Mitsubishi Motors [129].



Tab. 13 Technické údaje motorů Smart [130]

Automobil	Smart Fortwo	Smart Fortwo	Smart Fortwo	Smart Fortwo	Smart Fortwo
Motor	45 kW	52 kW	62 kW	75 kW (BRABUS)	40 kW
Typ	zážehový, atmosférický, vícebodové vstřikování s elektronickým akcelerátorem	zážehový, atmosférický, vícebodové vstřikování s elektronickým akcelerátorem	zážehový, přeplňovaný, vícebodové vstřikování s elektronickým akcelerátorem	zážehový, přeplňovaný, vícebodové vstřikování s elektronickým akcelerátorem	vznětový, přeplňovaný, přímé vstřikování Common-Rail
Zdvihový objem [cm ³]	999	999	999	999	799
Vrtání x zdvih [mm]	72 × 81,8	72 × 81,8	72 × 81,8	72 × 81,8	65,5 × 79
Maximální výkon [kW/min ⁻¹]	45/5800	52/5800	62/5250	75/6000	40/3800
Maximální točivý moment [N·m/min ⁻¹]	89/2800	92/2800	120/2000- 4750	147/2500- 3600	130/2100- 2600
Konstrukce	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V	DOHC, 12V
Kompresní poměr	11,4	11,4	10	10	16,4
Spotřeba paliva - město [l/100 km]	4,5	4,5	6,2	6,4	3,3
Spotřeba paliva - mimo město [l/100 km]	3,9	3,9	4	4,4	3,3
Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	4,2	4,2	4,9	5,2	3,3
Emise CO ₂ při kombinované spotřebě [g/km]	97	97	114	119	86

Jedná se o vznětový motor o objemu 799 cm³ a o benzinový motor o objemu 999 cm³, který existuje ve čtyřech výkonových variantách, přičemž dvě z nich jsou atmosférické a zbylé používají přeplňování. Technické údaje jednotlivých variant jsou kompletovány v tab. 13. Všechny tyto motory se používají v automobilech určených téměř výhradně pro městský provoz. Motor je uložen poněkud netypicky, jelikož namísto převažujícího způsobu uložení motoru nad přední nápravou, je agregát, jenž je sklopen o 45°, umístěn v pomocném rámu v oblasti před zadní nápravou (viz obr. 15). Díky tomuto neobvyklému způsobu uložení je výkon z motoru přenášen pouze na zadní kola.

Zážehové atmosférické jednotky jsou nabízeny ve dvou výkonových variantách, a to 45 kW a 52 kW. Silnější z nich dosahuje maximálního výkonu při 5800 min⁻¹ a maximálního točivého momentu 92 N·m při 2800 min⁻¹. Přeplňovaná jednotka, jejíž kompresní poměr byl oproti atmosférické verzi změněn z 11,4 na 10, disponuje maximálním výkonem 62 kW. Německá společnost Brabus, která se zabývá úpravou motorů, vyvinula ve spolupráci s automobilkou Smart speciální verzi modelu Smart Fortwo, která poskytuje maximální výkon 75 kW a maximální točivý moment 147 N·m. Agregát vychází z přeplňované verze, přičemž se úpravy týkají zejména výfukového systému, sportovního nastavení převodovky, naladění odpružení, volby pneumatik a snížení podvozku o 10 mm [130]. Pro tento agregát je doporučeným palivem bezolovnatý benzin s minimální hodnotou oktanového čísla 98.



Obr. 15 Pozice motoru automobilu Smart Fortwo [131]

Vznětový tříválcový agregát o objemu 799 cm^3 disponuje maximálním výkonem 40 kW při 3800 min^{-1} a maximálním točivým momentem $130 \text{ N}\cdot\text{m}$ v rozmezí $2100\text{--}2600 \text{ min}^{-1}$. Vstřikování paliva do spalovací komory je řešeno použitím systému přímého vstřikování *Common-Rail*. I přes ne zrovna ohromující výkonové parametry jsou modely Smart v městském provozu velice svižné, poněvadž samotná hmotnost automobilu se pohybuje již od 750 kg (například ve srovnání s výkonově srovnatelným minivozem Škoda Citigo se jedná o hmotnostní úsporu přes 100 kg).

Agregáty jsou vybaveny celkem dvanácti ventily, jež jsou ovládány dvěma vačkovými hřídelemi, přičemž systémem variabilního časování ventilů disponuje vačková hřídel obsluhující sací ventily. Klasický problém s vibracemi, s nimiž se potýkají téměř všechny tříválcové motory, se zde výrazně neřešil. Dle tiskových materiálů jsou údajně pohybující se hmoty tak malé, že pro dostatečně klidný chod motoru není potřeba použít k eliminaci vibrací vyvažovací hřídel [132]. Předchůdci těchto motorů (atmosférický zážehový tříválcový $1,1 \text{ l}$ motor a vznětový tříválcový přeplňovaný $1,5 \text{ l}$ motor) používaly ke snížení vibrací vyvažovací hřídel [133].

Pro větší úsporu paliva je možné vybavit motory systémem MHD (*Micro Hybrid Drive*). MHD obsahuje systém start-stop a také rekuperuje část brzné energie, která posléze pomáhá při rozjezdu vozidla. Použití tohoto systému v minivoze, jezdícím téměř neustále v městském provozu, má určitě své opodstatnění. Atmosférické pohonné jednotky dosáhly dle výrobce [130] kombinované spotřeby paliva $4,2 \text{ l}/100 \text{ km}$ a vznětová verze se dostala se spotřebou paliva dokonce na velmi nízkých $3,3 \text{ l}/100 \text{ km}$.



3 ANALÝZA ZÍSKANÝCH POZNATKŮ - POROVNÁNÍ MOTORŮ

K porovnání jednotlivých benzinových motorů je možné využít některé z metod vícekritériálního rozhodování. Agregáty budou porovnávány podle základních technicko-ekonomických parametrů (maximální výkon, maximální točivý moment, kombinovaná spotřeba paliva a emise CO₂ dosažené při testu kombinované spotřeby paliva v normovaném cyklu spotřeby paliva). Mezi kritéria by bylo vhodné zavést i výrobní náklady motoru, avšak tento druh informací bohužel výrobci automobilů většinou nezveřejňují, kritérium ceny tudíž není v následujícím testu zohledněno. Ke vzájemnému porovnání byl použit soubor zážehových tříválcových motorů, jež jsou v současné době nabízeny k prodeji na evropském trhu. Tyto motory byly rozděleny do tří kategorií. První kategorii tvoří agregáty, jež jsou provozovány automobily patřícími do skupiny minivozů. Druhou kategorií tvoří motory, které pohánějí malé automobily. Třetí kategorií tvoří agregáty, jež se využívají ve vozech nižší střední třídy. Toto rozdělení bylo provedeno z důvodu zajištění podobných podmínek, při kterých jsou jednotlivé agregáty provozovány (hmotnost vozidla, využití, ...). To je velmi důležité, jelikož například v případě měření spotřeby paliva a emisí CO₂ hraje velkou roli právě typ automobilu (především jeho hmotnost a použitá převodovka), ve kterém je motor využíván. Tímto rozdělením se dosáhne toho, že parametry motorů budou mezi sebou alespoň částečně porovnatelné. Vznětové motory byly vzhledem k odlišné konstrukci z testování vynechány. Bylo by vhodné tyto motory porovnat zvlášť, avšak z důvodu velmi malého zastoupení vznětových agregátů v jednotlivých kategoriích nebylo porovnání provedeno. Zároveň byla vynechána i verze motoru automobilu Škoda Citigo, která spaluje CNG. Testovány tak budou pouze zážehové agregáty spalující benzin, jelikož u těchto motorů lze jejich technicko-ekonomické parametry mezi sebou porovnávat. Ke srovnání parametrů agregátů vyřazených z testování je možné použít již uvedených tabulek, ve kterých jsou základní technické údaje jednotlivých motorů zaznamenány.

3.1 URČENÍ VAH UŽITÍM METODY KVANTITATIVNÍHO PÁROVÉHO SROVNÁVÁNÍ

Při posuzování variant hrají velkou roli váhy, které přiřadíme jednotlivým kritériím. K určení vah existuje celá řada metod. Váhy byly stanoveny metodou kvantitativního párového srovnávání kritérií, tzv. Saatyho metodou [134]. Tato metoda je vhodná, pokud hodnocení provádíme sami na základě osobních preferencí. Nejprve se sestaví matice, která charakterizuje vztahy, jež jsou mezi jednotlivými kritérii. Tyto vztahy se vyjádří jako podíly vah jednoho kritéria vůči druhému, přičemž je použito bodové stupnice znázorněné v tab. 14, která vyjadřuje velikost preference i -tého kritéria vůči kritériu j -tému. U této matice je následně provedena kontrola konzistence matice, která zajistí, že si zadané hodnoty matice vzájemně neodporují.

Tab. 14 Bodová stupnice pro určení Saatyho matice

Preference	
číselné	slovní
1	kritéria i a j jsou stejně významná
3	kritérium i je slabě významnější než kritérium j
5	kritérium i je silně významnější než kritérium j
7	kritérium i je velmi silně významnější než kritérium j
9	kritérium i je absolutně významnější než kritérium j
pozn.: pro citlivější určení je možné použít i hodnoty 2,4,6,8	



Nejprve je třeba vytvořit matici párových srovnání $S=(s_{ij})$, kde prvky matice (s_{ij}) představují odhady podílu vah i -tého a j -tého kritéria, kde k je počet kritérií.

$$s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}; i, j = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

Matici S lze zapsat následovně:

$$s_{ij} \quad \begin{matrix} f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ f_1 & \begin{bmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1k} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{2k} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Označení jednotlivých kritérií udává tab. 15.

Tab. 15 Označení jednotlivých kritérií

Označení	Kritérium
f_1	maximální výkon
f_2	maximální točivý moment
f_3	kombinovaná spotřeba paliva
f_4	emise CO ₂ při komb. spotřebě paliva

Po vzájemném porovnání všech kritérií uspořádáme jednotlivé preference do tzv. Saatyho matice. Mnou navržená Saatyho matice je:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/4 & 5 \\ 1 & 1 & 1/3 & 4 \\ 4 & 3 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/4 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

Jednotlivá kritéria byla porovnávána dle mých osobních preferencí, které bych kladl za podstatné při koupi automobilu.

Při tvorbě Saatyho matice se většinou nedosáhne toho, aby matice byla dokonale konzistentní. Je však nutné, aby matice byla alespoň dostatečně konzistentní. Pro stanovení míry konzistence se používá tzv. index konzistence I_s , přičemž platí vztah:

$$I_s = \frac{(l_{\max} - k)}{(k - 1)} \quad (2)$$

$l_{\max}$ je největší vlastní číslo Saatyho matice a k je počet kritérií (v tomto případě $k=4$). Největší vlastní číslo matice $l_{\max}$ bylo vypočteno využitím příkazu *eigs* v programu *Matlab*. Po dosazení hodnoty $l_{\max}$ do vztahu (2) vychází index konzistence $I_s=0,0359$. Aby byla matice



dostatečně konzistentní, je nutné, aby index konzistence I_s byl menší než 0,1. Tato podmínka je splněna, můžeme proto matici považovat za dostatečně konzistentní.

Váhy jednotlivých kritérií navrhl Saaty počítat pomocí normalizovaného geometrického průměru řádku Saatyho matice:

$$v_i = \frac{\left[\prod_{j=1}^k s_{ij} \right]^{\frac{1}{k}}}{\sum_{i=1}^k \left[\prod_{j=1}^k s_{ij} \right]^{\frac{1}{k}}} \quad (3)$$

Vyžitím vztahu (3) již dostaneme jednotlivé hodnoty vah v_i , které charakterizují míru důležitosti daného kritéria. Výsledné hodnoty vah určených z mnou navržené Saatyho matice jsou uvedeny v tab. 16.

Tab. 16 Výsledné váhy jednotlivých kritérií

Kritérium	Váha
maximální výkon	0,25
maximální točivý moment	0,25
kombinovaná spotřeba paliva	0,32
emise CO ₂ při komb. spotřebě paliva	0,18

Nejvyšší hodnoty vah dosáhlo kritérium spotřeby paliva, což odpovídá výsledkům průzkumu [135], podle nichž je až pro 60 % řidičů automobilů rozhodujícím kritériem při koupi nového vozu spotřeba paliva. Kritéria maximálního točivého momentu a maximálního výkonu dosáhla shodných hodnot vah, tudíž jim bude přiřazována stejná důležitost. Nejnížší hodnoty vah dosáhlo kritérium emisí CO₂ dosažené při testu kombinované spotřeby paliva.

3.2 POROVNÁNÍ MOTORŮ METODOU VÍCEKRITÉRIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ

Ke vzájemnému porovnání byla použita tzv. metoda pořadí. Tato metoda vyžaduje sestavení pořadí variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Dle pořadí se variantám přidělí body tak, aby varianta, která se umístila při posuzování daného kritéria na prvním místě, dostala nejvyšší počet bodů. Tyto body jsou následně vynásobeny hodnotou vah. Za dosažené pořadí s ohledem na jednotlivá kritéria dostaly varianty bodová ohodnocení určená vztahem $v \cdot [(n+1)-p]$, kde v jsou váhy daného kritéria, n je počet variant a p je dosažené pořadí hodnocené varianty. Pokud má více variant stejnou hodnotu daného kritéria, pak se pořadí (p) rovná jejich průměrnému pořadí. Výsledné seřazení jednotlivých variant se určí ze součtu bodů, kterých dosáhly v jednotlivých kritériích. Nejlepší varianta má součet dílčích bodů nejvyšší.

Celkové počty získaných bodů, společně s pořadím jednotlivých variant, jsou uvedeny v tab. 17, tab. 18 a tab. 19. Podrobné výsledky výše zmíněné metody pořadí lze najít v přílohách.



Tab. 17 Výsledky porovnání tríválcových motorů ve třídě minivozy

Pořadí	Automobil	Motor	Body Celkem
1	Kia Picanto	1.0 CVVT	8
2	Škoda Citigo	1,0 I/55 kW	7,07
3	Škoda Citigo	1,0 I/44 kW	6,75
4	Smart Fortwo	52 kW	6,34
5	Smart Fortwo	62 kW	6
6	Smart Fortwo	75 kW (BRABUS)	5,82
7	Citroën C1	1.0i 65	4,625
8	Smart Fortwo	45 kW	4,34
9	Suzuki Alto	1,0 VVT	4
10	Opel Agila	1.0 TWINPORT ECOTEC®	2,055

Tab. 18 Výsledky porovnání tríválcových motorů ve třídě malé vozy

Pořadí	Automobil	Motor	Body Celkem
1	Nissan Micra	1.2 I DIG-S	11
2	Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (88 kW)	10,875
3	Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (74 kW)	10,625
4	Renault Clio	Renault Energy 0,9 Tce 90 k S&S	8,16
5	Citroën DS3+Peugeot 208	1.2 VTi 82	7,84
6	Peugeot 208	1.0i 65	6,625
7	Nissan Micra	1.2 I	5,5
8	Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/51 kW	4,695
9	Suzuki Splash	1,0 VVT	4,25
10	Seat Ibiza	1,2 I MPI 55 kW	3,625
11	Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/44 kW	2,41
12	Opel Corsa	1.0 TWINPORT ECOTEC®	2,395

Tab. 19 Výsledky porovnání tríválcových motorů v nižší střední třídě

Pořadí	Automobil	Motor	Body Celkem
1	Ford Focus	1.0 EcoBoost (92 kW)	3,875
2	Ford C-MAX	1.0 EcoBoost (74 kW)	3,125
3-4	Citroën C-Elysée	1.2 VTi 72	1,5
3-4	Škoda Rapid	1,2 I MPI 55 kW	1,5



3.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VÍCEKRITERIÁLNÍHO POROVNÁVÁNÍ

Výsledky ukazují, že mezi jednotlivými agregáty jsou velké rozdíly, a to jak při sledování jednotlivých kritérií, tak i při celkovém zhodnocení. V první kategorii získal nejvyšší počet bodů motor Kia 1,0 CVVT, následovaný agregáty automobilu Škoda Citigo. Ve třídě malých vozů dosáhl mezi srovnávanými tříválcovými motory nejvyššího bodového ohodnocení agregát Nissan 1,2 l DIG-S. Velmi podobné bodové ohodnocení získal i motor 1,0 EcoBoost ve variantě s 88 kW a 74 kW. V poslední testované kategorii, ve které byly porovnávány pouze čtyři varianty motorů, je viditelný znatelný odstup agregátu 1,0 EcoBoost od obou zbývajících motorů.

Uvedené výsledky je nutné brát do jisté míry jako orientační, neboť při preferencích jednotlivých variant vždy bude záležet na volbě a důležitosti kritérií, která pro rozhodovací analýzu v konkrétních případech zvolíme. Porovnáváné motory jsou rovněž provozovány (testovány) v různých typech osobních automobilů, což má za následek, že naměřené výsledné parametry jednotlivých motorů nejsou měřeny za stejných (a dokonale porovnatelných) podmínek. Další velmi významný vliv na výsledky rozhodovací analýzy mají použité váhy. Pokud bychom zvolili jiné ohodnocení vah, které by preferovaly odlišné technicko-ekonomické ukazatele, došlo by zřejmě ke změně dosažených výsledků a k úpravě pořadí dílčích variant.



4 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE

Pro následující období existuje oprávněný předpoklad, že bude nadále docházet ke zpříšňování emisních limitů, které budou muset nově vyráběné automobily splňovat. Bude tak nutné vyvíjet stále úspornější a k životnímu prostředí šetrnější (ohleduplnější) agregáty, které budou dosahovat nízké hodnoty produkovaných emisí. Je pravděpodobné, že k uskutečňování těchto požadavků bude v nemalém měřítku nadále využíván i tzv. downsizing motorů. Ten je na prvním místě akcelerován hledisky a přístupy především producentů osobních automobilů a teprve na druhém místě se v nynější etapě vývoje spalovacích motorů při tom přihlíží k požadavkům uživatelů osobních automobilů. Nejde tu ani tak ze strany výrobců automobilů o nerespektování požadavků uživatelů, nýbrž a především o zohlednění té skutečnosti, že významná množina současných uživatelů osobních automobilů při výběru nových automobilů hlediska technická a technologická vůbec nezohledňuje a omezuje je snad jen na rozhodnutí, které palivo budou motory spalovat (a oni u čerpacích stanic plnit do nádrží svých nových vozů). Počet válců a jejich uspořádání při rozhodování uživatelů osobních automobilů o koupi vozu mnohdy hraje zanedbatelnou roli, stejně jako již dnes řidiči automobilů často ani nerozlišují, které nápravy jsou hnané a zda je motor umístěn podélně či příčně, resp. vpředu či vzadu.

Pokud bude pro výrobce automobilů nadále výhodné využívat tříválcové motory jako prostředek k dosažení nízké spotřeby paliva a nízké produkce emisí, a to aniž by to omezovalo uživatelský komfort a nároky uživatelů automobilů na ekonomickou úspornost a provozní spolehlivost vozidel, je pravděpodobné, že překážky pro uplatnění tříválcových agregátů pominou ještě v daleko širším měřítku a že se počet těchto motorů bude zvyšovat.

S výrobou tříválcových agregátů chtějí v nejbližším období začít i automobilky, které dosud používaly motory s nejméně čtyřmi válci. Například automobilka Volvo by měla, dle dostupných informací [136], dodávat do osobních automobilů pouze tříválcové a čtyřválcové agregáty, namísto dosavadních pětiválcových a šestiválcových motorů. Dalším výrobcem, který již má velké zkušenosti s výrobou těchto pohonných jednotek a který se chystá nadále vyvíjet nové tříválcové pohonné jednotky, je Ford. Po úspěchu, kterého tato společnost dosáhla uvedením moderního litrového zážehového tříválcového agregátu, se chystá rozšířit svoji paletu motorů o přeplňovaný tříválcový motor 1,5 l EcoBoost, který by měl najít uplatnění např. v automobilu Ford Fusion [137]. K dosažení původních výkonových charakteristik u pohonných jednotek, jejichž zdvihový objem byl zmenšen, zde bude využívat systémy přeplňování motorů.

Řada výrobců automobilů již vyvíjí také tzv. hybridní vozy, které zejména v oblastech spotřeby energie a produkce škodlivin dosahují velmi příznivých hodnot. Právě tříválcové agregáty nacházejí uplatnění v těchto vozech, a to zejména pro své rozměrové a emisní charakteristiky. Je tedy pravděpodobné, že tříválcové motory budou využívány také v automobilech s hybridním typem pohonu. Jedním z těchto automobilů je sportovní BMW i8 Concept, který kombinuje elektrický pohon s tříválcovým zážehovým motorem od BMW [34]. I automobilka Audi vyvíjí hybridní automobil s tříválcovým motorem, jenž má být představen v roce 2017 [138].



ZÁVĚR

Přelom tisíciletí a první desetiletí 21. století přinesly významné oživení zájmu producentů malých osobních automobilů o uplatnění jak zážehových, tak i vznětových spalovacích motorů s tříválcovým uspořádáním u nově vyvíjených a na lokálních i globálních trzích nabízených automobilů. Rychlé praktické uplatnění našly motory tříválcové koncepce spolu se systémy přeplňování těchto motorů zejména u kategorií minivozů a malých vozů, avšak v posledních letech se lze s nimi setkat i v nabídce motorizací vozů nižší střední třídy (tzv. kompaktní). Příkladem je motor 1,0 EcoBoost, který je dodáván ve vozidlech Ford Focus.

Řešení bakalářské práce spočívalo jednak v syntéze dostupných informací z dostupných elektronických zdrojů, firemní literatury a článků z odborné literatury; dále pak práce zahrnovala i porovnání technicko-ekonomických ukazatelů u zážehových tříválcových motorů dodávaných nebo perspektivních pro tuzemský trh. Těžištěm práce bylo po úvodní analýze problematiky (kap. 1) shromáždit dostupné technické údaje a další informace o tříválcových spalovacích motorech, které jsou v současné době (konkrétně v roce 2012) u nás nabízeny a provozovány především v malých osobních automobilech, a tyto informace kompletovat v tabelárních přehledech. Práce se nejprve zabývá každým z motorů individuálně (kap. 2). Pozornost je přitom věnována zejména těm konstrukčním prvkům, které agregát odlišují od ostatních, či které se týkají problémů souvisejících s odlišnou konstrukcí těchto motorů. Součástí práce bylo také vzájemné porovnání vybraných tříválcových zážehových motorů metodou rozhodovací analýzy (kap. 3) a nastínění trendů budoucího vývoje tohoto typu downsizingu (kap. 4).

Ze základního rozboru problematiky tříválcové konstrukce motorů vyplynulo, že tyto agregáty mají oproti nejčastěji používaným čtyřválcovým motorům nejen určité výhody, ale i řadu nevýhod, kvůli kterým nebyly v minulosti tak často používány. Mezi hlavní nevýhody tříválcových motorů patří vznik vibrací, které plynou z uspořádání jejich válců. Ke snížení vibrací se používají dva přístupy. Prvním z nich je použití vyvažovací hřídele. Druhým přístupem je důmyslné užití takových nevyvažovaných dílčích komponent motoru (prvky uchycení motoru ke karoserii, setrvačníky aj.), jež budou ve svém důsledku produkovat dílčí účinky, jejichž finálním spojením nakonec dojde k celkovému zklidnění chodu motoru a k částečné eliminaci produkovaných vibrací (toto řešení nevyžaduje montáž vyvažovací hřídele). Na druhou stranu mohou tříválcové agregáty snáze dosáhnout nízké hmotnosti i malého vnitřního tření v motoru a současně také menších rozměrů, což může vyústit do nízké spotřeby paliva. Jejich přednosti lze nalézt i v oblasti zvukového projevu, jelikož u výfukových soustav těchto motorů lze velmi snadno dosáhnout zvuku, který je charakteristický spíše pro automobily patřící do kategorie luxusních vozů.

Podrobný popis agregátů tříválcové koncepce, který zahrnuje množinu 15 hodnocených motorů, **lze uzavřít konstatováním**, že nejčastěji je nyní tříválcový agregát užíván u vozidel se zdvihovým objemem motoru mezi 900–1200 cm³, přičemž vize některých automobilek pro tříválcový koncept zahrnují i vozidla o zdvihovém objemu motoru okolo 1500 cm³. Existují jak zážehové, tak i vznětové varianty, přičemž používání zážehových motorů je častější, což je zapříčiněno tím, že zmiňované tříválcové motory pohání především městské vozy, v nichž se využívá převážně zážehových motorů. Často se u těchto motorů objevují systémy a technologie, které v konečném důsledku snižují spotřebu paliva a emisí. Mezi ně patří např. systém start-stop, variabilní časování ventilů, systém rekuperace energie, povrchová úprava DLC a další. Většina popisovaných agregátů dosahuje v normovaném měřicím cyklu spotřeby velmi nízkých hodnot. Naměřené hodnoty kombinované spotřeby paliva se nejčastěji



pohybují pod hranicí 5 l/100 km, avšak je nutné podotknout, že se často spotřeba paliva naměřená při běžném provozu výrazně od těchto hodnot odlišuje.

Při **vzájemném porovnávání zážehových agregátů** bylo v práci použito jedné z metod vícekritériálního rozhodování, přičemž hlavními kritérii pro hodnocení byly užity základní výstupní údaje motorů, především maximální výkon, maximální točivý moment, kombinovaná spotřeba paliva, produkované emise CO₂ a další. Váhy jednotlivých kritérií byly stanoveny pomocí Saatyho metody dle osobních preferencí předkladatele práce, které by uplatňoval a upřednostňoval při potenciální koupi nového automobilu. Agregáty byly vyhodnocovány ve skupinách podle kategorií automobilů, v jakých byly provozovány (třída minivozů, třída malých vozů a nižší střední třída). Výsledky multikritériálního porovnávání ukázaly, že mezi jednotlivými agregáty existují velké dílčí rozdíly, a to jak při sledování jednotlivých kritérií, tak i při celkovém zhodnocení. V první kategorii (minivozy) získal nejvyšší počet bodů motor Kia 1,0 CVVT, následovaný agregáty automobilu Škoda Citigo. Ve třídě malých vozů dosáhl mezi srovnávanými tříválcovými motory nejvyššího bodového ohodnocení agregát Nissan 1,2 l DIG-S. Velmi podobné bodové ohodnocení ale získal i motor 1,0 EcoBoost, který prvenství získal i v poslední testované kategorii (tj. v nižší střední třídě).

Kapitola o **trendech budoucího vývoje**, která bakalářskou práci uzavírá, konstatuje, že podíl uplatňování tříválcových spalovacích motorů u malých osobních automobilů zaznamenaná v příštích letech pravděpodobně ještě další vzestup, a to mimo jiné také ve spojení s rozvojem technologií hybridních pohonů motorových vozidel. Do budoucna bude také rozhodující, nakolik získá individuální osobní automobilová doprava oblibu (a prostoru) u obyvatel (uživatelů automobilů) velkých městských aglomerací.

Smím-li v závěru své práce vyjádřit vlastní privátní stanovisko k uplatňování tříválcových agregátů u malých osobních automobilů, pak se nemohu na podkladě studia problematiky, ani zvolených postupů rozhodovací analýzy přiklonit k jednoznačnému stanovisku, které by preferovalo soudobý tříválcový koncept motoru na úkor tradičního čtyřválcového uspořádání. Důvodem jsou nedostatečné (tzn. zejména krátkodobé) zkušenosti s provozní spolehlivostí moderních konstrukčních koncepcí v konkrétních provozních podmínkách.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] TENCER, D. Number Of Cars Worldwide Surpasses 1 Billion; Can The World Handle This Many Wheels?. *HuffPost Business* [online]. 08/23/2011 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.huffingtonpost.ca/2011/08/23/car-population_n_934291.html>
- [2] LEE, S., Y. GU, T. KIM a J. HAHN. Der Neue 1,0-L-Dreizylinder-Ottomotor von Hyundai / Kia. *MTZ - Motortechnische Zeitschrift* [online]. 2011, Vol. 72, Nr. 7-8, p. 542-549 [cit. 2013-05-13]. ISSN 2192-8843 (online). DOI: 10.1365/s35146-011-0126-z. Dostupné z: <<http://www.springerlink.com/index/10.1365/s35146-011-0126-z>>
- [3] 7x nej. Výroba automobilů na světě za rok 2012 podle OICA. *Auto 7*. Praha: Motor-presse Bohemia. 2013, roč. 10, č. 9 (354), s. 82. ISSN 1214-6781.
- [4] V Česku jezdí 15 tisíc Wartburgů. I po 20 letech [obrázek-upraven]. *Lidovky.cz* [online]. 7. dubna 2011 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.lidovky.cz/v-cesku-jezdi-15-tisic-wartburgu-i-po-20-letech-fzm-auto.aspx?c=A110407_145737_ln-auto_nev#content>
- [5] DKW F91 Sonderklasse. *Motorclassic.at* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.motorclassic.at/index.php?id=121>>
- [6] The Saab Museum. Saab 93. *The Saab Museum* [online]. [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://saabmuseum.com/en/saab-model/saab-93/>>
- [7] NEGYESI, P. a B. RAWICZ. Wartburg: The history from 1898. *Team.net* [online]. 1996 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://www.team.net/www/ktud/wartburg.html>>
- [8] Alfa Romeo 33. *VM Motori* [online]. [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://www.vmmotori.it/en/01/02/01/dettaglio.jsp?id=23>>
- [9] HALL, L. The Suzuki GT380. *Motorcycle Classics* [online]. 2007 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://www.motorcycleclassics.com/classic-japanese-motorcycles/suzuki-gt380.aspx>>
- [10] Honda NS400R Road Test. *Classic Motorbikes* [online]. [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://classic-motorbikes.net/wp/honda-ns400r/>>
- [11] VOKÁČ, L. Wartburg byl průkopník. Budoucnost motorů je totiž triválcová. *Auto iDNES* [online]. 14. prosince 2011 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://auto.idnes.cz/wartburg-byl-prukopnik-budoucnost-motoru-je-totiz-trivalcova-pvc-/automoto.aspx?c=A111213_111902_automoto_vok>
- [12] UK-developed high-tech Ford 1.0-litre EcoBoost engine launched by Mulally. *Ford Motor Company* [online]. 2012 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <<http://www.ford.co.uk/FordFleet/NewsAndReviews/FordForBusiness/2012/January/EcoBoost-Engine>>



- [13] ŽEMLIČKA, M. Škoda zahájila výrobu maloobjemového motoru 1,2 TSI [obrázek]. *Novinky* [online]. 19. listopadu 2009 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/auto/184679-skoda-zahajila-vyrobu-maloobjemoveho-motoru-1-2-tsi.html>>
- [14] JAN, Z. a B. ŽDÁNSKÝ. *Automobily. Motory*. 5. vyd. Brno: Avid, 2008, 179 s. ISBN 978-80-87143-06-3.
- [15] HADLER, J. Dreizylindermotoren von Volkswagen. *MTZ - Motortechnische Zeitschrift* [online]. 2009, Vol. 70, Nr. 5, p. 354-360 [cit. 2013-05-13]. ISSN 2192-8843 (online). DOI: 10.1007/BF03225487. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03225487>>
- [16] ROTTNER, T. Mounting Systemsms for Three-cylinder Combustion Engines and Electric Motors. *ATZ worldwide* [online]. 2010, Vol. 112, Nr. 2, p. 26-30 [cit. 2013-05-13]. ISSN 2192-9076 (online). DOI: 10.1007/BF03225114. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03225114>>
- [17] VLK, F. Konstrukce motocyklových motorů. *Soudní inženýrství*. roč. 2006, č. 4, Akademické nakladatelství CERM, 2006, s. 224-243. ISSN 1211-443X. Dostupné z: <<http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2006-04-224-243.pdf>>
- [18] *Naftové motory čtyřdobé I.díl*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1962, s. 249-288.
- [19] DRIOT, N., N. MICHELIN, V. GOIGOUX a D. WIEMELER. Tailpipe Sound Quality in a Three-Cylinder Engine. *ATZautotechnology* [online]. 2010, Vol. 112, Nr. 1, p. 4-10 [cit. 2013-05-13]. ISSN 2192-886X (online). DOI: 10.1007/BF03247152. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03247152>>
- [20] Motor Ford 1.0 EcoBoost vyhrál prestižní anketu „International Engine of the Year 2012“. *FORD Media Web* [online]. Ford Motor Company, 13.06.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<https://media.fordservice.cz/1-tiskove-zpravy/187-motor-ford-1-0-ecoboost-vyhral-prestizni-anketu-international-engine-of-the-year-2012/>>
- [21] Ford Focus 1.0 EcoBoost stanovil šestnáct světových rychlostních rekordů!. *FORD Media Web* [online]. Ford Motor Company, 04.06.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<https://media.fordservice.cz/1-tiskove-zpravy/185-ford-focus-1-0-ecoboost-stanovil-sestnact-svetovych-rychlostnich-rekordu/>>
- [22] *Zážehové motory Ford EcoBoost*. Ford, 2012, 2 s. Dostupné z: <http://www.fordchar.cz/content/files/katalogy/katalog_zazehovemotoryecoboost.pdf>
- [23] VOKÁČ, L. Překvapení pod kapotou: První jízdy s tříválcem 1,0 ve Fordu Focus. *Auto iDNES* [online]. 27.03.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://auto.idnes.cz/trivalec-ve-fordu-focus-prvni-jizdy-dbl-auto_testy.aspx?c=A120226_110506_auto_testy_vok>
- [24] FORD MOTOR: *Ford B-MAX*. [nabídkový katalog číslo MY2012.75CZEcz] Ford Motor, červen 2012. 51 s.



- [25] FORD MOTOR: *Ford C-MAX + Ford Grand C-MAX*. [nabídkový katalog číslo MY2013CZEcz] Ford Motor, srpen 2012. 46 s.
- [26] FORD MOTOR: *Ford Fiesta*. [nabídkový katalog MY2013CZEcz] Ford Motor, leden 2013. 72 s.
- [27] FORD MOTOR: Ford Focus. [nabídkový katalog MY2012.5CZEcz] Ford Motor, červen 2012. 52 s.
- [28] Ford 3-cyl EcoBoost gives Continental turbo award-winning debut. *Autoworld* [online]. July 30th, 2012 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://blog.autoworld.com.my/index.php/2012/07/30/ford-3-cyl-ecoboost-gives-continental-turbo-award-winning-debut/>>
- [29] Ford to offer 1L EcoBoost in 2014 Fiesta in North America. *Green Car Congress* [online]. 19 November 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/11/ford-20121119.html#more>>
- [30] FREI, M. Ford Focus EcoBoost 1,0 l: Jízdní dojmy z odvážného tříválce. *Auto.cz* [online]. 29.2.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/ford-focus-ecoboost-1-0-l-jizdni-dojmy-odvazneho-trivalce-65263>>
- [31] LIPA VSKÝ, V. Test: Ford Focus 1.0 EcoBoost – s nejlepším „litrom“ na trhu. *Auto.pravda.sk* [online]. 04.11.2012 14:14 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://auto.pravda.sk/testy/clanok/75530-test-ford-focus-10-ecoboost-e2-80-93-s-najlepsim-e2-80-9elitrom-e2-80-9c-na-trhu/>>
- [32] MIHÁLIK, M. BMW B37 a B38: tříválce jsou realitou, začínají novou éru. *Autoforum.cz* [online]. 13.9.2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/technika/bmw-b37-a-b38-trivalce-jsou-realitou-zacinaji-novou-eru/>>
- [33] VAVERA, J. Tříválcové BMW v praxi: první jízda s 1,5 TwinPower Turbo. *Autoforum.cz* [online]. 23.9.2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/technika/trivalcove-bmw-v-praxi-prvni-jizda-s-1-5-twinpower-turbo/>>
- [34] BMW i8 Concept. The most progressive sportscar. *BMW* [online]. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.bmw-i.com/en_ww/bmw-i8/>
- [35] SAJDL, J. Valvetronic [obrázek-upraven]. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://cs.autolexicon.net/articles/valvetronic/>>
- [36] BMW introducing new EfficientDynamics engine family *Green Car Congress* [online]. 19 November 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/09/bmweffdynengines-20120914.html#more>>
- [37] MIHNEA, R. BMW Twinpower Turbo Engines Explained. *Autoevolution.cz* [online]. 11th October 2012 [cit. 2013-03-21]. Dostupné z: <<http://www.autoevolution.com/news/bmw-twinpower-turbo-engines-explained-50443.html>>



- [38] Valvetronic. *BMW* [online]. [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_valvetronic.html>
- [39] BMW Dreizylinder-Testfahrt als Turbo-Benziner mit 130 kW In: *Youtube* [online]. 2012-09-13 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=7GE6SGcT_eI&feature=player_embedded>. Kanál uživatele BimmerToday.
- [40] BROKEŠ, M. BMW a jeho tříválce: high-tech, nebo z nouze ctnost?. *Autoforum.cz* [online]. 12.7.2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/bleskovky/bmw-a-jeho-trivalce-high-tech-nebo-z-nouze-ctnost/>>
- [41] New Hyundai i20 to offer new 1.1L, 3-cylinder diesel; 84 g/km CO₂. *Green Car Congress* [online]. 4 March 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/03/i20-20120304.html>>
- [42] KIA MOTORS CZECH: *Kia Rio 3D*. [nabídková brožura] Kia Motors Czech, 01/2012.
- [43] HYUNDAI Nová i20. [technická data] *Hyundai Motor Czech* [online]. [2013] [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.hyundai.cz/data/files/pdf/technicka-data/technicka-data_nova-i20.pdf>
- [44] LEE, K. W., K. I. JANG, J. J. LEE a D. H. HUR. Der Neue 1,1-L-Dreizylinder-Dieselmotor Von Hyundai. *MTZ: Motortechnische Zeitschrift* [online]. 2012, Vol. 73, Nr. 9, p. 658-664 [cit. 2013-05-13]. ISSN 2192-8843 (online). DOI: 10.1007/s35146-012-0455-6. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s35146-012-0455-6>>
- [45] Nový Hyundai i20: Tisková zpráva. *Hyundai* [online]. 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://press.hyundai.cz/file.php?media=6be723a73a455fd267d324ab194d6c3e.doc>>
- [46] LIPA VSKÝ, V. Test: Kia Rio 1.1 CRDi – stojí za to?. *Auto.pravda.sk* [online]. 26.06.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://auto.pravda.sk/testy/clanok/63061-test-kia-rio-11-cr-di-e2-80-93-stoji-za-to/>>
- [47] Picanto TA 3DR&5DR – technické informace. *Kia* [online]. 2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.kia.com/cz/-/media/cz/files/tech_data/1picantota-3dr5drtechnickeinformace.pdf>
- [48] ŠTENGL, M. Nové motory Kia Kappa: Malé ráže. *Automobil Revue* [online]. 08.08.2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/nove-motory-kia-kappa-male-raze_40128.html>
- [49] Kappa 1.0 Liter Engine Intro Film. In: *Youtube* [online]. 2011-03-22 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=t2x19GH0b44&feature=player_embedded>. Kanál uživatele KiaBUZZ.



- [50] LEE, S. The new Kappa 1.0 MPI 3-cylinder engine *Kia BUZZ* [online]. March 24th, 2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://kia-buzz.com/the-new-kappa-1-0-mpi-3-cylinder-engine-with-class-leading-fuel-efficiency-and-performance/>>
- [51] VAVERKA, L. Kia Picanto 1,0 CVVT – Ostrý citróněk. *Auto.cz* [online]. 12.6. 2011 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/test-kia-picanto-1-0-cvvt-ostry-citronek-59293>>
- [52] KÁLLAI, T. TEST Kia Picanto 1,0 CVVT – Městský sprinter. *Autojournal.cz* [online]. 11.09.2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autojournal.cz/test-kia-picanto-10-cvvt-mestsky-sprinter/>>
- [53] PORUBČAN, B. TEST: Kia Picanto 1,0 CVVT. *Autoroad.cz* [online]. 21.11.2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://testy.autoroad.cz/35099-test-kia-picanto-1-0-cvvt/>>
- [54] DRAGON, A. Hyundai chystá přeplňovaný tříválec 1,0 TCI. *Auto.cz* [online]. 26.10. 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/hyundai-1-0-tci-70777>>
- [55] PATEL, S. Hyundai unveils efficient and powerful, diesel and petrol engines for the future cars. *RushLane* [online]. October 26, 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.rushlane.com/hyundai-unveils-new-engine-and-transmission-1249764.html>>
- [56] KEEPING SMALL CARS SIMPLE: Fourth Generation Micra *Nissan Global* [online]. March 2, 2010 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/_STORY/100302-01-e.html>
- [57] TAYLOR, A. Nissan Micra DIG-S: Miller Cycle time. *The Register* [online]. 21st September 2011 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.theregister.co.uk/2011/09/21/review_cars_nissan_micra_dig_s/page2.html>
- [58] NISSAN: Nissan Micra. [propagační leták] Nissan Sales CEE, [2013].
- [59] Millerův cyklus. *Autokontakty.cz* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.autokontakty.cz/clanky/milleruv-cyklus#video>>
- [60] GRUENINGER, W. Miller time. The Miller cycle engine explained. *MotiveMag* [online]. [2007] [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.motivemag.com/pub/feature/tech/Motive_Tech_Miller_Time_-_The_Miller_Cycle_Engine_Explained.shtml>
- [61] Details on Nissan's I3 1.2L supercharged direct-injection gasoline engine. *Green Car Congress* [online]. 4 March 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/05/hr12ddr-20120530.html#more>>
- [62] VOKÁČ, L. Motoráři Nissanu čarují. Unikátní tříválec je silný a jednoduchý. *Auto iDNES* [online]. 27. července 2011 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://auto.idnes.cz/motorari-nissanu-caruji-unikatni-trivalec-je-silny-a-jednoduchy-pxk-/automoto.aspx?c=A110723_132243_automoto_vok>



- [63] LEDRAPPIER, L. HOUZE, C. HEAU a J. GESTENBERGER. Tenké povlaky pro snížení ztrát třením: Tribologie povlaků typu DLC. *Metal 2013* [online]. 2008 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.metal2013.com/files/proceedings/metal_08/Lists/Papers/091.pdf>
- [64] HR12DDR Engine. *Nissan Global* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/hr12ddr.html>>
- [65] ŠTENGL, M. Test: Nissan Micra 1.2 Tekna. *Autoprůvodce* [online]. 2011-05-02 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.autopruvodce.cz/testy/nissan_micra_12_tekna_test>
- [66] FOKT, M. Nissan Micra 1,2 DIG-S – Bakelitová závodnička. *Auto.cz* [online]. 29.11. 2011 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/test-nissan-micra-1-2-dig-s-bakelitova-zavodnicka-63394>>
- [67] PAVLŮSEK, O. Opel Agila končí na českém trhu. *Auto.cz* [online]. 10.5. 2010 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/opel-agila-konci-ceskem-trhu-22891>>
- [68] OPEL: *Opel Corsa: Uživatelská příručka*. Rüsselsheim (Germany), Adam Opel AG, leden 2012, s. 196-224.
- [69] LÁNÍK, O. Opel Corsa - španělská naděje. *Auto.cz* [online]. 11.9. 2006 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/opel-corsa-spanelska-nadeje-1397>>
- [70] GM Previews New Opel Agila. *Green Car Congress* [online]. 11 July 2007 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2007/07/gm-previews-new.html>>
- [71] Opel Agila Návod. *Opel* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.opel.cz/content/dam/Opel/Europe/czech_republic/nscwebsite/cs/04_Owners/02_Manuals/00_Owners/opelagila-modelyear10.0.pdf>
- [72] OPEL: *Corsa*. [ceník automobilu] Budaörs, Opel Southeast Europe, 2013.
- [73] Opel Corsa – Motory. *Auta-Opel Příbram* [online]. ©2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <<http://www.auta.opeldealer.cz/opel-showroom/corsa/motory.xhtml?engine=engine-1.0-4865>>
- [74] JANSÁ, P. Tríválcové motory jedou a pojedou. *Český rozhlas* [online]. 19. Dubna 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/motozurnal/automoto/_zprava/1048543>
- [75] Citroën introduces first members of new 3-cylinder gasoline engine family. *Green Car Congress* [online]. 11 December 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/12/puretech-20121211.html>>
- [76] PEUGEOT: *Akční ceník: Peugeot 301*. Peugeot Česká republika. 01/2013.
- [77] Citroen C-Elysee 2013 Review. *DieselStation Media* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.dieselstation.com/cars/citroen-c-elysee-2013-a4857.html>>



- [78] Peugeot 208 features new generation of 3-cylinder gasoline *Green Car Congress* [online]. 16 January 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.greencarcongress.com/2012/01/208-20120116.html>>
- [79] BISKUP, P. Peugeot 208 s benzínovým tříválcem. *Technický týdeník*, 2012, č. 22, s. 26. ISSN 0040-1064.
- [80] BĚHAL, O. Test Peugeotu 301. *Vybermiauto.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.vybermiauto.cz/autoblok/clanek/test-peugeot-301/motorizace#engine_6021>
- [81] Moderna proti klasice. *Autohit* [online]. 28.11. 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.autohit.cz/testy/recenze/peugeot-208-1-2-vti-allure>>
- [82] PEUGEOT: *Akční ceník: Peugeot 107*. Peugeot Česká republika. 01/2013.
- [83] PEUGEOT: *Akční ceník: Peugeot 208*. Peugeot Česká republika. 02/2013.
- [84] CITROËN: *Technické parametry Citroën C-Elysée*. [nabídkový leták, C-ELYSTP1212] Citroën Česká republika. prosinec 2012. 4 s.
- [85] CITROËN: *Technické parametry Citroën DS3*. [nabídkový leták, DS3TP1112] Citroën Česká republika. listopad 2012. 4 s.
- [86] CITROËN: *Technické parametry Citroën C1*. [nabídkový leták, DS3TP1112] Citroën Česká republika, říjen 2012. 2 s.
- [87] TOYOTA: *Aygo*. [nabídkový katalog] Toyota Motor Europe, [2009]. 24 s.
- [88] TOYOTA: *Nová Toyota Yaris*. [nabídkový katalog, YAR-NG11-11/01] Toyota Motor Europe, 2011. 48s.
- [89] LÁNÍK, O. Peugeot 107 1.0 12V – Český lev. *Auto.cz* [online]. 30.3. 2009 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/test-peugeot-107-1997>>
- [90] DITTRICH, L. Test: Toyota Aygo 1.0 VVT-i *Autorevue.cz* [online]. 5. 6. 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.autorevue.cz/test-toyota-aygo-10-vvt-i--nikdy-nekoncici-pribeh>>
- [91] PEUGEOT: *Akční ceník: Peugeot 107*. Peugeot Česká republika, 2013.
- [92] LIPAŤSKÝ, V. Test: Peugeot 107 1.0 EVA *Auto.pravda.sk* [online]. 01.06.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://auto.pravda.sk/testy/clanok/62258-test-peugeot-107-10-eva-e2-80-93-je-usporny-ale-starne/>>
- [93] NOVÉ CLIO 5dv. *Renault Česká republika [ceník automobilu]* [online]. 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.renault-local.cz/pdf/ceniky/cenik_clio4.pdf>
- [94] DACIA: *Sandero*. [ceník automobilu pod označením 20130402 - 07] Renault Česká republika, 2013. 4 s.



- [95] VAVERKA, L. Renault Clio dostane tříválcový motor 0,9 Energy TCe. *Auto.cz* [online]. 5.10. 2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/renault-clio-technika-70273>>
- [96] Energy TCe 90. *Renault* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.renault.com/en/innovation/gamme-mecanique/pages/energy-tce-90.aspx>>
- [97] MILER, P. Renault Energy 0,9 TCe: tři válce do skla. *Autoforum.cz* [online]. 12.3.2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/technika/renault-energy-0-9-tce-tri-valce-do-skla/>>
- [98] JANDA, P. Test Renault Clio IV 0,9 TCe: tragický motorový omyl. *Autoforum.cz* [online]. 26.12.2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://www.autoforum.cz/testy-aut/test-renault-clio-iv-0-9-tce-tragicky-motorovy-omyl/>>
- [99] VAVERKA, L. Renault Clio 0,9 TCe – Lidová stylovka. *Auto.cz* [online]. 23.1. 2013 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/test-renault-clio-0-9-tce-lidova-stylovka-72515>>
- [100] TEST: Renault Clio 0,9 TCe - návrat do krásnej puberty. *Automix.sk* [online]. 30.11.2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://automix.atlas.sk/testy/804739/test-renault-clio-09-tce-navrat-do-krasnej-puberty->>>
- [101] BĚHAL, O. Test nové Dacie Sandero. *Vybermiauto.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.vybermiauto.cz/autoblok/clanek/test-dacia-sandero/motorizace>>
- [102] BECKER, N. The new 1.0-l three-cylinder MPI engine for the up!. *ATZextra worldwide* [online]. 2011, Vol. 16, Nr. 3, p. 36-43 [cit. 2013-05-14]. ISSN 2195-1489 (online). DOI: 10.1365/s40111-011-0280-9. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1365/s40111-011-0280-9>>
- [103] Nový škodoväcký motor v Citigo. *EnviWeb* [online]. 07.04.2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.enviweb.cz/printclanek/skoly/90760/>>
- [104] ŠKODA AUTO: Škoda Citigo. [nabídkový katalog C10215 05/2012] Škoda Auto, [2012].
- [105] RAKOVAN, F. Škoda Citigo 1.0 MPI vs Citroën C1 1.0i. *Autoweb* [online]. 02. 11. 2011 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <<http://www.autoweb.cz/skoda-citigo-10-mpi-vs-citroen-c1-10i/>>
- [106] ŠKODA AUTO: ŠKODA Rapid. [nabídkový katalog číslo R10215 09/12] Škoda Auto, [2012].
- [107] ŠKODA AUTO: ŠKODA GreenLine. [nabídkový katalog číslo S1615 09/11] Škoda Auto, [2011].
- [108] ŠKODA AUTO: ŠKODA Roomster. [nabídkový katalog číslo R01215 09/11] Škoda Auto, [2011].



- [109] ŠKODA AUTO: *ŠKODA Fabia*. [nabídkový katalog číslo FA15215 05/12] Škoda Auto, [2012].
- [110] Technická data: Toledo 1.2 MPI 55 kW/75 k. *Seat* [online]. Seat, ©2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.seat.cz/nove-toledo/technicka-data/technicka-data&tml=279>>
- [111] Technická data: Ibiza 1.2 12V 44 kW/60 k. *Seat* [online]. Seat, ©2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.seat.cz/ibiza/technicka-data/technicka-data&tml=177>>
- [112] Technická data: Ibiza 1.2 12V 51 kW/70 k. *Seat* [online]. Seat, ©2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.seat.cz/ibiza/technicka-data/technicka-data&tml=195>>
- [113] VOLKSWAGEN: Technik und Preise, Gültig für das Modelljahr 2013: Der Polo. S.I., Volkswagen, 2012. 39 S.
- [114] WINTERKORN, M. a H. KÖNIG. The new VW Polo. *ATZ worldwide* [online]. 2001, roč. 103, č. 12, s. 2-6 [cit. 2013-05-14]. ISSN 2192-9076 (online). DOI: 10.1007/BF03224526. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03224526>>
- [115] VACULÍK, M. Hromada Technických Problémů: Škoda 1,2 HTP. *Cimbu.cz* [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.cimbu.cz/clanky/auto-moto_http.pdf>
- [116] ŠRÁMEK, A. První jízdní dojmy: Škoda Rapid 1.2 MPI. *Autohit* [online]. 17.10. 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.autohit.cz/novinky/auto/prvni-jizdni-dojmy-skoda-rapid-1-2-mpi>>
- [117] ENGLER, H. J., M. STAMM, M. KLAPROTH, W. SCHELIGA, M. JOHN a A. KUPHAL. Powertrain. *ATZextra worldwide* [online]. 2009, Vol. 14, Nr. 2, p. 32-35 [cit. 2013-05-14]. ISSN 2195-1489 (online). DOI: 10.1365/s40111-009-0166-2. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1365/s40111-009-0166-2>>
- [118] GARAJ, F. Škoda Rapid 1.2 MPI: Cenová vražda. *Autožurnál* [online]. 4.02.2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.autozurnal.com/skoda-rapid-1-2-mpi-cenova-vrazda/>>
- [119] HÜTTENRAUCH, J. The Second generation of the VW Polo BlueMotion. *ATZ worldwide* [online]. 2010, Vol. 112, Nr. 2, p. 16-23 [cit. 2013-05-14]. ISSN 2192-9076 (online). DOI: 10.1007/BF03225112. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03225112>>
- [120] JANCO, M. Test Volkswagen Polo 1,2 TDi Bluemotion. *Autorubik* [online]. 17. August 2011 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.autorubik.sk/autorubik-testuje/test-volkswagen-polo-12-tdi-bluemotion/>>
- [121] Technická data: Ibiza 1,2 TDI CR 55 kW/75 K. *Seat* [online]. Seat, ©2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.seat.cz/ibiza/technicka-data/technicka-data&tml=214>>
- [122] SUZUKI: *Splash: Ceník*. Suzuki Motor Czech, 2013



- [123] SUZUKI: *Alto: Ceník*. Suzuki Motor Czech, 2013
- [124] PROVO, K. J. Cleaner Suzuki Alto Lowers the Fuel Consumption Bar Even Further. *Car & SUV* [online]. February 16th 2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.carandsuv.co.nz/news/cleaner-suzuki-alto-lowers-the-fuel-consumption-bar-even-further>>
- [125] BORSKÝ, M. Suzuki Alto: Těžký život lehkooděnce. *TipCars* [online]. 27.12. 2010 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <<http://www.tipcars.com/magazin-suzuki-alto-tezky-zivot-lehkoodence-4793.html>>
- [126] LIPAVSKÝ, V. Test: Suzuki Alto ohromilo nízkou spotřebou. *Auto.pravda.sk* [online]. 12.07.2010 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://auto.pravda.sk/testy/clanok/254-test-suzuki-alto-ohromilo-nizkou-spotrebou/>>
- [127] FOKT, M. Suzuki Alto 1,0 12V - Japonský buldoček. *Auto.cz* [online]. 12.9. 2010 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/test-suzuki-alto-1-0-12v-51426>>
- [128] BĚHAL, O. Test modernizovaného Suzuki Splash. *Vybermiauto.cz* [online]. © 2013, 11.9.2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <<http://www.vybermiauto.cz/autoblok/clanek/test-suzuki-splash>>
- [129] Smart ForTwo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified on 20 March 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_Fortwo>
- [130] Smart: *Smart: Skvělý nápad do města*. [nabídkový katalog] Smart. 2012.
- [131] A naked smart engine [obrázek]. *Itibitismart* [online]. [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.itibitismart.com/engine_removed.htm>
- [132] LÁNÍK, O. Smart ForTwo - chytrý jedináček. *Auto.cz* [online]. 4.12. 2006 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/smart-fortwo-chytry-jedinacek-1445>>
- [133] BADENHAUSEN, K., W. KLINKNER a H. SINKWITZ. The new Smart Forfour. *ATZ worldwide* [online]. 2004, Vol. 106, Nr. 6, p. 2-5 [cit. 2013-05-14]. ISSN 2192-9076 (online). DOI: 10.1007/BF03224670. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF03224670>>
- [134] KORVINY, P. Teoretické základy vícekritériálního rozhodování. *Petr Korviny [osobní stránky]* [online]. [2003] [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie_mca.pdf>
- [135] Průzkum AAA AUTO: Podle spotřeby vybírá vůz až 60 % řidičů. *AAA Auto Group* [online]. 7. července 2011 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <<http://www.aaaauto.cz/cz/tiskove-zpravy/pruzkum-aaa-auto-podle-spotreby-vybira-vuz-az-60-%25-ridicu/article.html?id=33542>>
- [136] Volvo Switching to 3- and 4-Cylinder Engines. *AutoBeat Insider* [online]. September 19, 2011 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <<http://autobeatinsider.com/news/volvo-switching-to-3-4-cylinder-engines>>



- [137] EWING, S. J. 2014 Ford Fusion to get 1.5L EcoBoost three-cylinder?. *Autoblog.com* [online]. 9th April, 2013 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.autoblog.com/2013/04/09/2014-ford-fusion-to-get-1-5l-ecoboost-three-cylinder/>>
- [138] „Litrové“ audi? V roce 2017 realita... *Auto Tip*. Praha: Ringier Axel Springer CZ. 2013. roč. 23, č. 7, s. 12, ISSN 1210-1087.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

12V	označení celkového počtu ventilů (zde 12 ventilů)
ASG	Automatisiertes Schaltgetriebe (překlad: „automatizovaná převodovka“)
BMW	Bayerische Motoren Werke
CNG	Compressed Natural Gas (překlad: „stlačený zemní plyn“)
CO ₂	oxid uhličitý
CrN	nitrid chromu
CVT	Continuously Variable Transmission (překlad: „spojitě měnitelný převod“)
DKW	Dampf-Kraft-Wagen (překlad: „parou poháněné vozy“)
DLC	Diamond Like Carbon (překlad: „diamantu podobný uhlík“)
DOHC	Double Over Head Camshaft (dvojice vačkových hřídelí uložených v hlavě válců)
Dual-CVVT	Dual Continuously Variable Valve Timing (kontinuální variabilní časování sacích i výfukových ventilů)
EGR	Exhaust Gas Recirculation (překlad: „recirkulace spalin“)
ESM	Energy Smart Management (systém řízeného dobíjení)
FFV	Flexible Fuel Vehicle (automobil schopný provozu použitím různých paliv)
HTP	High Torque Performance (překlad: „vysoký točivý moment“)
ISG	Integrated Stop and Go/Idle Stop and Go (systém automatického vypnutí a spuštění motoru při stání)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (překlad: „zkapalněný ropný plyn“)
MHD	Micro Hybrid Drive
MoS ₂	sulfid molybdeničitý
MPI	Multi Point Injection (překlad: „vícebodové vstřikování“)
OHC	Over Head Camshaft (vačková hřídel uložena v hlavě válců)
PVD	Physical Vapour Deposition (nanášení odpařením z pevné fáze)
TCI	Turbocharger Intercooler (překlad: „turbodmychadlo s mezichladičem“)
Ti-VCT	Twin Independent Variable Camshaft Timing (překlad: „nezávislé variabilní časování na obou vačkových hřídelích“)
USA	United States of America
Valvetronic	Variable Valve and Electronic (systém variabilního časování ventilů BMW)
VIS	Variable Induction System (systém proměnné délky sacího potrubí)
VTC	Valve Timing Control (systém variabilního časování ventilů)
VVT	Variable Valve Timing (systém variabilního časování ventilů)
WGT	Westengate Turbolader



SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

- Obr. 1 Wartburg 353W
- Obr. 2 Rozměrové porovnání tříválcového motoru 1,2 MPI se čtyřválcovým motorem 1,2 TSI
- Obr. 3 Kliková hřídel čtyřikrát uloženého řadového tříválcového motoru
- Obr. 4 Řez motorem Ford 1,0 l EcoBoost
- Obr. 5 Turbodmychadlo Continental
- Obr. 6 Schéma systému Valvetronic
- Obr. 7 Motor Kia 1,0 CVVT
- Obr. 8 Řez motorem Nissan 1,2 l DIG-S (HR12DDR)
- Obr. 9 Pracovní oběh motoru s Millerovým cyklem
- Obr. 10 Automobil Peugeot 301
- Obr. 11 Motor Renault Energy 0,9 TCe
- Obr. 12 Hlava válců s integrovaným výfukovým vedením (Škoda 1,0 MPI)
- Obr. 13 Motor Škoda 1,0 MPI (EA211)
- Obr. 14 Motor 1,2 TDI CR
- Obr. 15 Pozice motoru automobilu Smart Fortwo



SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Pořadí zapalování tříválcového řadového motoru
- Tab. 2 Technické údaje motoru Ford 1,0 l EcoBoost
- Tab. 3 Technické údaje motoru Hyundai 1,1 CRDi
- Tab. 4 Technické údaje motoru Kia 1,0 CVVT
- Tab. 5 Technické údaje motoru Nissan 1,2 l a 1,2 l DIG-S
- Tab. 6 Technické údaje motoru Opel 1,0 Twinport Ecotec®
- Tab. 7 Technické údaje motorů 1,2 VTi a 1,0i 65
- Tab. 8 Technické údaje motoru Renault Energy 0,9 TCe 90 k
- Tab. 9 Technické údaje motoru Škoda 1,0 MPI
- Tab. 10 Technické údaje motoru Škoda 1,2 MPI
- Tab. 11 Technické údaje motoru Škoda 1,2 TDI CR
- Tab. 12 Technické údaje Suzuki 1,0 VVT
- Tab. 13 Technické údaje motorů Smart
- Tab. 14 Bodová stupnice pro určení Saatyho matice
- Tab. 15 Označení jednotlivých kritérií
- Tab. 16 Výsledné váhy jednotlivých kritérií
- Tab. 17 Výsledky porovnání tříválcových motorů ve třídě minivozy
- Tab. 18 Výsledky porovnání tříválcových motorů ve třídě malé vozy
- Tab. 19 Výsledky porovnání tříválcových motorů v nižší střední třídě



SEZNAM PŘÍLOH

Podrobné výsledky testu motorů v kategorii minivozů	I
Podrobné výsledky testu motorů v kategorii malých vozů	II
Podrobné výsledky testu motorů v kategorii vozů nižší střední třídy	III



Podrobné výsledky testu motorů v kategorii minivozů

Automobil	Motor	Maximální výkon [kW]	Pořadí 1	Body 1
Smart Fortwo	75 kW (BRABUS)	75	1	2,5
Smart Fortwo	62 kW	62	2	2,25
Škoda Citigo	1,0 I/55 kW	55	3	2
Smart Fortwo	52 kW	52	4	1,75
Kia Picanto	1.0 CVVT	51	5	1,5
Citroën C1	1.0i 65	50	6,5	1,125
Suzuki Alto	1,0 VVT	50	6,5	1,125
Opel Agila	1.0 TWINPORT ECOTEC®	48	8	0,75
Smart Fortwo	45 kW	45	9	0,5
Škoda Citigo	1,0 I/44 kW	44	10	0,25

Automobil	Motor	Max. točivý moment [N·m]	Pořadí 2	Body 2
Smart Fortwo	75 kW (BRABUS)	147	1	2,5
Smart Fortwo	62 kW	120	2	2,25
Kia Picanto	1.0 CVVT	95	4	1,75
Škoda Citigo	1,0 I/44 kW	95	4	1,75
Škoda Citigo	1,0 I/55 kW	95	4	1,75
Citroën C1	1.0i 65	93	6	1,25
Smart Fortwo	52 kW	92	7	1
Suzuki Alto	1,0 VVT	90	8,5	0,625
Opel Agila	1.0 TWINPORT ECOTEC®	90	8,5	0,625
Smart Fortwo	45 kW	89	10	0,25

Automobil	Motor	Spotřeba paliva - komb. [l/100 km]	Pořadí 3	Body 3
Kia Picanto	1.0 CVVT	4,1	1,5	3,04
Škoda Citigo	1,0 I/44 kW	4,1	1,5	3,04
Škoda Citigo	1,0 I/55 kW	4,2	4	2,24
Smart Fortwo	45 kW	4,2	4	2,24
Smart Fortwo	52 kW	4,2	4	2,24
Citroën C1	1.0i 65	4,3	6,5	1,44
Suzuki Alto	1,0 VVT	4,3	6,5	1,44
Smart Fortwo	62 kW	4,9	8	0,96
Smart Fortwo	75 kW (BRABUS)	5,2	9	0,64
Opel Agila	1.0 TWINPORT ECOTEC®	5,5	10	0,32



Automobil	Motor	Emise CO ₂ [g/km]	Pořadí 4	Body 4
Kia Picanto	1.0 CVVT	95	1,5	1,71
Škoda Citigo	1,0 I/44 kW	95	1,5	1,71
Smart Fortwo	45 kW	97	3,5	1,35
Smart Fortwo	52 kW	97	3,5	1,35
Škoda Citigo	1,0 I/55 kW	98	5	1,08
Citroën C1	1.0i 65	99	6,5	0,81
Suzuki Alto	1,0 VVT	99	6,5	0,81
Smart Fortwo	62 kW	114	8	0,54
Opel Agila	1.0 TWINPORT ECOTEC®	117	9	0,36
Smart Fortwo	75 kW (BRABUS)	119	10	0,18

Podrobné výsledky testu motorů v kategorii malých vozů

Automobil	Motor	Maximální výkon [kW]	Pořadí 1	Body 1
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (88 kW)	88	1	3
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (74 kW)	74	2	2,75
Nissan Micra	1.2 I DIG-S	72	3	2,5
Renault Clio	Renault Energy 0,9 Tce 90 k S&S	66	4	2,25
Citroën DS3+Peugeot 208	1.2 VTi 82	60	5	2
Nissan Micra	1.2 I	59	6	1,75
Seat Ibiza	1,2 I MPI 55 kW	55	7	1,5
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/51 kW	51	8	1,25
Peugeot 208	1.0i 65	50	9,5	0,875
Suzuki Splash	1,0 VVT	50	9,5	0,875
Opel Corsa	1.0 TWINPORT ECOTEC®	48	11	0,5
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/44 kW	44	12	0,25

Automobil	Motor	Maximální točivý moment [N·m]	Pořadí 2	Body 2
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (74 kW)	170	1,5	2,875
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (88 kW)	170	1,5	2,875
Nissan Micra	1.2 I DIG-S	142	3	2,5
Renault Clio	Renault Energy 0,9 Tce 90 k S&S	135	4	2,25
Citroën DS3+Peugeot 208	1.2 VTi 82	118	5	2
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/51 kW	112	6,5	1,625
Seat Ibiza	1,2 I MPI 55 kW	112	6,5	1,625
Nissan Micra	1.2 I	110	8	1,25
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/44 kW	108	9	1
Peugeot 208	1.0i 65	93	10	0,75
Suzuki Splash	1,0 VVT	90	11,5	0,375
Opel Corsa	1.0 TWINPORT ECOTEC®	90	11,5	0,375



Automobil	Motor	Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	Pořadí 3	Body 3
Nissan Micra	1.2 I DIG-S	4,1	1	3,84
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (74 kW)	4,3	3	3,2
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (88 kW)	4,3	3	3,2
Peugeot 208	1.0i 65	4,3	3	3,2
Citroën DS3+Peugeot 208	1.2 VTi 82	4,5	5,5	2,4
Renault Clio	Renault Energy 0,9 Tce 90 k S&S	4,5	5,5	2,4
Suzuki Splash	1,0 VVT	4,7	7	1,92
Nissan Micra	1.2 I	5	8	1,6
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/51 kW	5,2	9	1,28
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/44 kW	5,5	10,5	0,8
Opel Corsa	1.0 TWINPORT ECOTEC®	5,5	10,5	0,8
Seat Ibiza	1,2 I MPI 55 kW	5,8	12	0,32

Automobil	Motor	Emise CO ₂ [g/km]	Pořadí 4	Body 4
Nissan Micra	1.2 I DIG-S	95	1	2,16
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (74 kW)	99	3	1,8
Ford Fiesta	1.0 EcoBoost (88 kW)	99	3	1,8
Peugeot 208	1.0i 65	99	3	1,8
Citroën DS3+Peugeot 208	1.2 VTi 82	104	5	1,44
Renault Clio	Renault Energy 0,9 Tce 90 k S&S	105	6	1,26
Suzuki Splash	1,0 VVT	109	7	1,08
Nissan Micra	1.2 I	115	8	0,9
Opel Corsa	1.0 TWINPORT ECOTEC®	117	9	0,72
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/51 kW	119	10	0,54
Škoda Fabia+VW Polo	1,2 I/44 kW	128	11	0,36
Seat Ibiza	1,2 I MPI 55 kW	134	12	0,18

Podrobné výsledky testu motorů v kategorii vozů nižší střední třídy

Automobil	Motor	Maximální výkon [kW]	Pořadí 1	Body 1
Ford Focus	1.0 EcoBoost (92 kW)	92	1	1
Ford C-MAX	1.0 EcoBoost (74 kW)	74	2	0,75
Škoda Rapid	1,2 I MPI 55 kW	55	3	0,5
Citroën C-Elysée	1.2 VTi 72	53	4	0,25



Automobil	Motor	Maximální točivý moment [N·m]	Pořadí 2	Body 2
Ford Focus	1.0 EcoBoost (92 kW)	170	1,5	0,875
Ford C-MAX	1.0 EcoBoost (74 kW)	170	1,5	0,875
Škoda Rapid	1,2 I MPI 55 kW	112	3	0,5
Citroën C-Elysée	1.2 VTi 72	110	4	0,25

Automobil	Motor	Spotřeba paliva - kombinovaná [l/100 km]	Pořadí 3	Body 3
Ford Focus	1.0 EcoBoost (92 kW)	5	1	1,28
Ford C-MAX	1.0 EcoBoost (74 kW)	5,1	2	0,96
Citroën C-Elysée	1.2 VTi 72	5,2	3	0,64
Škoda Rapid	1,2 I MPI 55 kW	6,1	4	0,32

Automobil	Motor	Emise CO ₂ [g/km]	Pořadí 4	Body 4
Ford Focus	1.0 EcoBoost (92 kW)	114	1	0,72
Ford C-MAX	1.0 EcoBoost (74 kW)	117	2	0,54
Citroën C-Elysée	1.2 VTi 72	119	3	0,36
Škoda Rapid	1,2 I MPI 55 kW	137	4	0,18