

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Analýza četnosti vybraných poruch spalovacích motorů

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Jindra, Ph.D.

Autor práce: Bc. Jakub Skřivánek

PRAHA 2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Skřivánek

Technika a technologie v dopravě a spojích  
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Analýza četnosti vybraných poruch spalovacích motorů

Název anglicky

Frequency analysis of selected internal combustion engine failures

---

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit analýzu četnosti poruch spalovacích motorů na základě údajů ze servisu pro vybranou modelovou řadu a motorizaci.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Přehled řešené problematiky – základní popis spalovacího motoru a vybraných závad
5. Praktická část práce – popis metodiky získávání dat a jejich zpracování
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

45 – 55 stran

Klíčová slova

turbodmychadlo, vodní pumpa,

---

Doporučené zdroje informací

FERENC, B. *Spalovací motory : karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2545-8.

HROMÁDKO, J. *Spalovací motory : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

PILÁRIK, M. – PABST, J. *Automobily III : pro obor vzdělání Automechanik*. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-104-7.

PILÁRIK, M. – PABST, J. *Automobily II : pro obor vzdělání Automechanik*. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-101-6.

PILÁRIK, M. – PABST, J. *Automobily I : pro obor vzdělání Automechanik*. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-100-9.

---

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Petr Jindra, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza četnosti vybraných poruch spalovacích motorů vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 5. března 2021

.....

Bc. Jakub Skřivánek

## Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Petru Jindrovi Ph.D. za jeho odborné vedení mé diplomové práce, za poskytnutí potřebné odborné literatury a rady, díky kterým jsem mohl tuto práci dokončit. Velký dík také patří celé mé rodině a přítelkyni, kteří mi pomohli i v těch nejhorsích chvílích, kterými jsem si během studia prošel.

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá problematikou analýzy četnosti poruch spalovacích motorů u vybraných modelových řad. Úvod práce je zaměřen na stručnou definici spalovacího motoru. V závislosti na definici je obecně popsána historie vývoje spalovacího motoru od jeho prvního použití až po dnešní moderní motory. Dále je v práci popsána diagnostika a oprava poruch motorů, které byly pro tuto diplomovou práci zvoleny. V praktické části je provedena analýza četnosti těchto vybraných poruch z dostupných údajů ze servisu vozidel.

Klíčová slova: DPF, vodní čerpadlo, vačková hřídel, vstřikovače, EGR

## Frequency analysis of selected internal combustion engine failures

Abstract:

The diploma thesis deals with the issue of analysis of the frequency of combustion engine failures in selected model series. The introduction is focused on a brief definition of an internal combustion engine. Depending on the definition, the history of the development of an internal combustion engine from its first use to today's modern engines is generally described. Furthermore, the work describes the diagnosis and repair of engine failures that were selected for this thesis. In the practical part, an analysis of the frequency of these selected faults is performed from available data from vehicle service.

Keywords: DPF, water pump, camshaft, injectors, EGR

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce .....	2
3	Metodika.....	3
4	Přehled řešené problematiky – popis spalovacího motoru a jeho vybraných závad .....	4
4.1	Historie spalovacích motorů .....	4
4.2	TDI (Turbocharged Direct Injection).....	5
4.2.1	Historie .....	5
4.2.2	Princip vstřikování motorů TDI .....	6
4.3	Vybrané poruchy spalovacích motorů .....	7
4.3.1	Závady vačkové hřídele a hydraulických zdvihátek .....	7
4.3.2	Popis hydraulických zdvihátek.....	8
4.3.3	Projevování závady a její oprava .....	10
4.3.4	Proč k závadě došlo .....	10
4.3.5	Znaky poškození hydraulických zdvihátek .....	10
4.3.6	Znaky poškození na vačkovém hřídeli.....	11
4.3.7	Jiné problémy .....	12
4.4	Závady systému EGR .....	12
4.4.1	Projevování závady a její oprava .....	13
4.5	Závady na vstřikovacích jednotkách.....	16
4.5.1	Diagnostika a odstranění závady .....	17
4.6	Závady na rozvodech motorů.....	21
4.6.1	Rozvod motoru 1,6 TDI 77 kW CLHA.....	21
4.6.2	Rozvod motoru 1,2 TSI 63 kW .....	24
4.7	Závady na systému DPF .....	25
4.7.1	Regenerace .....	26
5	Praktická část – popis metodiky získávání dat a jejich zpracování.....	30
5.1	Analýza četnosti poruchy vačkové hřídele a hydraulických zdvihátek.....	30
5.2	Analýza četnosti poruchy systému EGR.....	32
5.3	Analýza četnosti poruch na vstřikovacích jednotkách.....	33
5.4	Analýza četnosti poruch na rozvodech motorů.....	35
5.5	Analýza četnosti závady filtru DPF .....	37
6	Výsledky a diskuse .....	40
7	Závěr.....	42
8	Seznam použitých zdrojů .....	43

## Seznam použitých obrázků:

Obrázek 1 - motorová jednotka 1,9 TDI.....	6
Obrázek 2 - sestavená vačková hřídel .....	8
Obrázek 3 - princip funkce hydraulického zdvihátka.....	9
Obrázek 4 - znaky poškození hydraulických zdvihátek .....	10
Obrázek 5 - znak poškození vačky .....	11
Obrázek 6 - chybová hláška v ŘJ motoru.....	13
Obrázek 7 - možné příčiny závady .....	14
Obrázek 8 - systém EGR .....	15
Obrázek 9 - ucpaná propojovací trubka.....	15
Obrázek 10 - test EGR ventilu.....	16
Obrázek 11 - vstříkovací trysky PD .....	17
Obrázek 12 - příčiny závady vstříkovače .....	18
Obrázek 13 - měřené hodnoty vstříkovaného množství .....	18
Obrázek 14 - opravná sada těsnění vstříkovače.....	19
Obrázek 15 - měřené hodnoty vstříkovačů po opravě.....	20
Obrázek 16 - schéma rozvodů motoru 1,6 TDI.....	22
Obrázek 17 - princip vypínání vodního čerpadla .....	23
Obrázek 18 - rozvody 1,2 TSI .....	24
Obrázek 19 - průřez filtrem DPF .....	25
Obrázek 20 - konstrukce a princip filtru DPF .....	26
Obrázek 21 - výpis závad v ŘJ motoru .....	28



## 1 Úvod

Motorem se v technice rozumí typ stroje, který přeměňuje jiné druhy energie na mechanickou práci. Lze ho řadit do kategorie podle dvou základních kritérií. Prvním kritériem je forma energie, kterou motor přijímá za účelem vytvoření pohybu. Druhým kritériem je typ pohybu, který motor vydává. Nejčastějším druhem motoru je takový, který vytváří pohyb rotační. Motory jsou nejčastěji součástí a pohonnou jednotkou komplexnějších strojů.

S motory se dnes setkáváme prakticky ve všech odvětvích. Tepelné motory přeměňují teplo na práci pomocí různých termodynamických procesů. Spalovací motor je možná nejběžnějším příkladem tepelného motoru, ve kterém teplo ze spalování paliva zapříčiní rychlé natlakování plynných produktů spalování ve spalovací komoře, což způsobuje jejich expanzi a pohon pístu, který otáčí klikovým hřídelem.

V moderním použití termín motor obvykle popisuje zařízení, jako jsou parní motory a spalovací motory, které spalují nebo jinak spotřebovávají palivo k provádění mechanické práce vyvíjením točivého momentu nebo lineární síly. Zařízení přeměňující tepelnou energii na pohyb se běžně označují jednoduše jako motory. Příklady motorů, které vyvíjejí točivý moment, zahrnují známé automobilové benzínové a naftové motory.

Každý motor se potýká anebo ho v budoucnosti čeká nějaká závada. Poruch, které mohou nastat je nespočetné množství. V dnešní době, kdy jde vývoj neustále kupředu se dá zcela s jistotou říct, že závad bude přibývat čím dál více. Řízení motoru je mnohem složitější a tím i související opravy. Automobilky jsou nuceny motory neustále vyvíjet kvůli tlaku ze strany Evropské unie, která stále více zpřísňuje emisní limity pro nové spalovací motory. Z toho důvodu je ve voze stále více zařízení, se kterými jsou spojené poruchy a nákladné opravy.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je vytvořit analýzu četnosti poruch spalovacích motorů na základě údajů ze servisu pro vybranou modelovou řadu a motorizaci. Seznámit čtenáře s analýzou četnosti vybraných poruch spalovacích motorů. V teoretické části práce budou popsány vybrané nejčastější poruchy zvolených typů motorů z různých modelových řad a jejich příčiny, které se na nich vyskytují. V návaznosti na toto téma bude ve stručnosti popsáno, jak tyto závady diagnostikovat za použití různých metod a postup jejich opravy. Ve stručnosti budou definovány možné příčiny jejich vzniku. V praktické části této diplomové práce bude provedena analýza četnosti jednotlivých poruch na základě dostupných dat z vybraného autoservisu. Analýza bude provedena pomocí grafických zobrazení s různými nájezdy kilometrů v závislosti na jiných ukazatelích či typech provedených oprav.

### 3 Metodika

V úvodu této práce bude z odborné literatury o spalovacích motorech popsáno, jak spalovací motor definovat a na jakém principu pracuje. V návaznosti na toto téma bude z odborné literatury a odborných časopisů popsána historie a popis spalovacího motoru. Jako další budou popsány vybrané typy spalovacích motorů, o kterých se bude psát v další části této práce. Následně budou z vlastních zkušeností, materiálů a za pomoci odborné literatury definovány vybrané závady spalovacích motorů, jejich diagnostika, zjištění příčin a postupy oprav. V poslední části práce bude vytvořena analýza četnosti těchto poruch z dostupných dat pomocí grafů, které budou popsány a definovány.

## 4 Přehled řešené problematiky – základní popis spalovacího motoru a jeho vybraných závad

Spalovací motory poskytují vynikající jízdní vlastnosti a odolnost a spoléhá na ně více než 1,4 miliard vozidel (osobní, užitkové, nákladní, autobusy) po celém světě. Spolu s benzínem nebo naftou mohou také využívat obnovitelná nebo alternativní paliva (např. CNG, LPG, bionaftu nebo ethanol). Lze je také kombinovat s hybridními elektrickými hnacími ústrojími pro snížení spotřeby paliva nebo plug-in hybridními elektrickými systémy pro rozšíření nabídky hybridních elektrických vozidel. [1]

### 4.1 Historie spalovacích motorů

K vývoji spalovacích motorů přispěli různí vědci a inženýři. V roce 1791 vyvinul John Barber turbínu. V roce 1794 Thomas Mead patentoval plynový motor. V stejném roce 1794 si nechal Robert Street patentovat spalovací motor, který byl také první, který používal kapalně palivo. V roce 1798 navrhl John Stevens první americký spalovací motor. V roce 1823 Samuel Brown patentoval první spalovací motor, který byl průmyslově používán v USA. Jeden z jeho motorů čerpal vodu na Croydonském kanálu v letech 1830 až 1836. V roce 1827 také předvedl loď používající svůj motor na Temži a v roce 1828 motorový vozík. [2]

Otec Eugenio Barsanti, italský inženýr, spolu s Felice Matteucci z Florencie vynalezli první spalovací motor v roce 1853. Jejich patentová žádost byla udělena v Londýně 12. června 1854. V roce 1860 belgický Jean Joseph Etienne Lenoir vyrobil plynový spalovací motor. V roce 1864 si Nicolaus Otto nechal patentovat první atmosférický motor. V roce 1872 vynalezl Američan George Brayton první komerční spalovací motor na kapalná paliva. V roce 1876 patentoval Nicolaus Otto ve spolupráci s Gottliebem Daimlerem a Wilhelmem Maybachem čtyřtákní motor. V roce 1879 si Karl Benz nechal patentovat spolehlivý dvoutákní zážehový motor. V roce 1892 vyvinul Rudolf Diesel první vznětový motor. V roce 1926 vypustil Robert Goddard první raketu na kapalná paliva. V roce 1954 si německý inženýr Felix Wankel nechal patentovat „pístový“ motor využívající excentrickou rotační konstrukci. [3] [4]

Když byl vynalezen motor s vnitřním spalováním, termín motor se původně používal k jeho odlišení od parního stroje, který se v té době hojně používal a poháněl lokomotivy a další vozidla, například parní válce. Termín motor pochází z latinského slovesa moto, což znamená dát do pohybu nebo udržovat pohyb. Motor je tedy zařízení, které dodává pohyb. [5]

První pístové motory neměly kompresi, ale běžely na směsi vzduch-palivo nasávané nebo vhaněné během první části sacího zdvihu. Nejvýznamnějším rozdílem mezi moderními spalovacími motory a prvními motory je použití komprese paliva před spalováním.

Za posledních 30 let pomohl výzkum a vývoj výrobcům snížit emise znečišťujících látek, jako jsou oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), pevné částice (PČ) oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), o více než 99 %, aby splňovaly platné emisní normy. Výzkum také vedl ke zlepšení výkonu a účinnosti, což výrobcům pomáhá udržovat nebo snižovat spotřebu paliva. [6]

## 4.2 TDI (Turbocharged Direct Injection)

TDI (Turbocharged Direct Injection) je obchodní název vznětových motorů s přímým vstříkáváním a přeplňováním pomocí turbodmychadla produkovaných výrobcem Volkswagen. Vznětové motory označované jako SDI jsou motory stejné konstrukce, pouze bez přeplňování. Lze si tak snadno odvodit, že budou mít mnohem nižší výkon. Hnací jednotky jsou typické dobrou úsporou paliva a vysokou účinností. Motory TDI se používají ve vozidlech značek Volkswagen, Audi, Škoda, Seat, Porsche. [7] [8]

### 4.2.1 Historie

Hnací jednotka TDI byla prvně představena v roce 1989. Byla použita ve vozidle Audi 100 C3. První generace TDI motorů byla vybavena elektronicky řízeným čerpadlem pro vstříkávání paliva od společnosti Bosch. První hnací jednotka disponovala 5 válci seřazenými za sebou a objemem  $2,5 \text{ dm}^3$ . Výkon toho motoru byl 120 HP a maximální točivý moment byl 265 Nm. [9]

Druhá generace motorů TDI byla představena v roce 1998. Typickou vlastností těchto motorů byla jednotka vstřikovače, která nahradila systém se vstřikovači a čerpadlo pro vstřikování paliva. V tomto systému s jednotkovým vstřikovačem bylo možné nastavit tlak pro každý válec samostatně. U systému s přímým vstřikováním s jednotným palivovým potrubím tato možnost nebyla. První vylepšená verze motoru byla instalována na modelu Volkswagen Passat B5. Motor měl objem 1.9 dm<sup>3</sup> a jeho výkon byl 115 HP. Motor se systémem vstřikování PD je znázorněn na obrázku 1. [7]



Obrázek 1 - motorová jednotka 1,9 TDI [7]

Motory TDI třetí generace se začaly vyrábět v roce 2004. Od této generace používá výrobce systém přímého vstřikování paliva common-rail. Hnací jednotky byly typické výkonem, vysokou účinností, ekologičností a úsporností. TDI motory se staly velmi oblíbené a používají se v mnohých modelech aut. [7]

#### 4.2.2 Princip vstřikování motorů TDI

Tlak, při kterém je nafta vstřikována do válce, je klíčovým faktorem přímého vstřikování nafty. Palivo se musí rychle míchat se stlačeným vzduchem ve válci. Čím vyšší je tlak, tím jemnější je atomizace nafty pro intenzivní míchání částic paliva a vzduchu. To vede k lepšímu a efektivnějšímu spalování paliva. Energie z paliva se využívá efektivněji a emise se snižují. [10]

Používáme různé vstřikovací fáze v rámci jednoho silového zdvihu – označovaného jako vícenásobné vstřikování. V závislosti na konstrukci motoru, otáčkách a zatížení, moderní dieselové motory používají pilotní nebo dvoj pilotní vstřikování, hlavní vstřikování a dodatečné vstřikování. Pilotní vstřikování zajišťuje plynulé spalování a zajišťuje, že extrémně vysokých tlaků nezbytných pro spalování se dosahuje postupně. To výrazně snižuje hluk spalování a snižuje emise. Následné vstřikování dále pomáhá spalovacímu procesu a dosahuje ještě nižších emisí výfukových plynů. [11]

U běžných vznětových motorů s nepřímým vstřikováním paliva dochází ke vstřikování do oddělené předkomůrky a odtud se směs teprve dostává do válce. Ovšem u přeplňovaného vznětového motoru s přímým vstřikováním paliva tryska vstřikovače rozprašuje palivo přímo do spalovacího prostoru vytvořeném ve dně pístu. Přisun dostatečného množství vzduchu zajišťuje turbodmychadlo. První generace motorů má elektronicky řízené rotační vstřikovací čerpadlo a dvoupružinkové vstřikovače. Další generace už pracuje se systémem PD (čerpadlo-tryska), kdy čerpadlo a tryska tvoří jeden komponent umístěný v hlavě válců poháněný od vačkové hřídele a ovládaný elektronicky. Třetí generace pracuje na systému common-rail. [11]

#### 4.3 Vybrané poruchy spalovacích motorů

Poruch, které u spalovacího motoru potažmo u celého vozidla můžou nastat je nespočetné množství. Některé z nich jsou za pár minut opraveny a některé až za několik dní. Můžou to být například poruchy od prasklé žárovky až po výměny celého motoru.

##### 4.3.1 Závady vačkové hřídele a hydraulických zdvihátek

Vačková hřídel je druh hřídele, která je osazena vačkami. Nejpoužívanější druh vačkové hřídele je ovládání zdvihu ventilů čtyřtaktních pístových spalovacích motorů. Tím se mění rotační pohyb vačkových hřídelí na přímočarý pohyb ventilů. Pro správnou funkci je vačková hřídel spojena pomocí rozvodu s klikovou hřídelí. Spojení je v poměru 1:2 tudíž se vačková hřídel otáčí poloviční rychlostí než kliková hřídel. Ve většině případů odpovídá počet vaček počtu ventilů. Výjimku tvoří například desmodromický rozvod, kde je počet vaček dvojnásobný. Podle typu motoru může mít motor jednu, dvě či více vačkových hřídelí. Mezi vačkami a ventily se používají různé konstrukční typy zdvihátek, které přenáší sílu od vačky na ventil a otvírají ho. Mohou jimi být například vahadla, hydraulická zdvihátka atd. [12] [13]

### Výroba vačkových hřídelí se provádí třemi způsoby:

- Litinová – Běžně používaný výrobní proces.
- Ocelová – Používá se v případě, že je vyžadován specifický materiál. Vačková hřídel je obrobena z tyčového materiálu a následně na to je přesně honována.
- Sestavená – Obvykle se vyrábí z válcové trubky, na kterou jsou jednotlivé vačky nalisovány a upevněny například svařováním nebo smršťováním.

Největší výhodou sestavené vačkové hřídele je modulární konstrukce a výrazně nižší hmotnost oproti litinové vačkové hřídeli. Na obrázku 2 je znázorněn typ sestavené vačkové hřídele. [14]



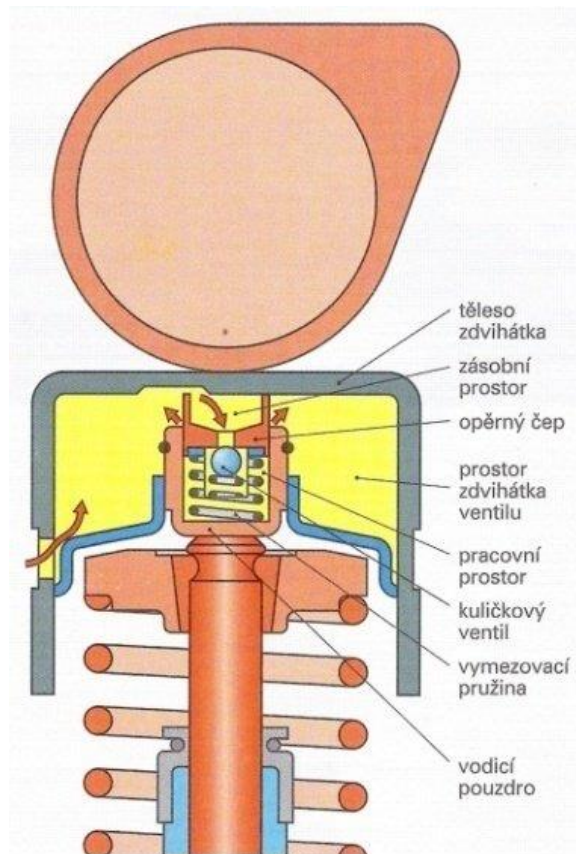
Obrázek 2 - sestavená vačková hřídel [12]

#### 4.3.2 Popis hydraulických zdvihátek

Hrníčkové hydraulické zdvihátko je nedílnou součástí rozvodového mechanismu u motorů. Pracovní plocha hydraulických zdvihátek je kalená a broušená. V některých případech jsou stěny zdvihátka opatřeny černým ochranným lakem. Přenos zdvihu vačky na ventil je realizován pomocí vahadla, pomocí kladky nebo přímo na dřík. Toto řešení přenosu zdvihu je vhodné i pro vysokootáčkové motory. [11]



Motory PD jsou vybaveny právě těmito hrníčkovými zdvihátky v kombinaci s hydraulickým prvkem, který vymezuje ventilovou vůli. Hydraulické zdvihátko automaticky vymezuje ventilovou vůli za všech provozních režimů. Jednou z výhod je, že velmi snižuje hluchnost rozvodového mechanismu. Komponenty, které vymezují ventilové vůle, jsou napojeny na olejový okruh motoru. Tlakový olej z mazacího systému motoru naplní pomocí odpruženého kuličkového ventilu dutinu teleskopického válečku. Detailnější popis je znázorněn na obrázku 3. [11]



Obrázek 3 - princip funkce hydraulického zdvihátka [11]

Při pohybu zdvihátka a válečku směrem nahoru je ventil natlakovaný mazacím olejem, který je natlakován za pomoci olejového čerpadla motoru a následně je přímo ovládán. Při zpětném pohybu dochází k zavření ventilu a tlakem pružiny dochází ke zpětnému pohybu válečku – pístku. Zásobní prostor se znovu naplní tlakovým olejem pomocí kuličkového ventilu. V zásobním prostoru hydraulické části je labyrint, který zabraňuje odtoku oleje po vypnutí motoru. Po startu motoru je píst tlačěn slabou pružinkou na dřík ventilu. Tímto dochází k vymezení vůle, která je v tu chvíli nulová. Pro snížení opotřebení pracovní plochy zdvihátka je jeho střed a současně i střed vačky vzájemně mimo osu, díky čemuž dochází

k otáčení zdvihátka. V servisní praxi je při opravách rozvodových mechanismů motorů důležité dávat pozor na kontrolu opotřebení zdvihátek. Optimální stav nastává v ten moment, když zdvihátko klouže volně vlastní hmotností směrem dolů. [8]

#### 4.3.3 Projevování závady a její oprava

U motoru se začala projevovat závada nepravidelného chodu a klepavého zvuku, který se se zvyšujícími otáčkami zvyšoval. Velmi zajímavé bylo, že po nějaké chvíli tyto zvuky přestaly a motor získal zpět pravidelný chod. Původní podezření bylo, že bude špatně utěsněn jeden ze vstřikovačů. Tyto motory na to byly dost náchylné a trpěly na tyto závady. Pro přetěsnění vstřikovačů je u tohoto motoru nutné demontovat vahadla vstřikovačů, protože se jedná o motor se systémem vstřikování PD a vstřikovač je poháněn vačkovou hřídelí. Po demontáži ventilového víka lze vahadla vstřikovačů demontovat. Po tomto kroku se však zjistilo, že závada není na vstřikovačích, ale skutečný problém byl na hydraulickém zdvihátku. Prodřené hydraulické zdvihátko a vačka na 3. válci už nemohli otevřít výfukový ventil a veškerá spálená směs místo do výfukového potrubí směřovala zpátky do sání.

#### 4.3.4 Proč k závadě došlo

Dochází-li k nadměrnému opotřebenému hydraulických zdvihátek, znamená to, že komponenty hydraulického systému nepracují tak jak by měly. Veškeré komponenty, které jsou určeny pro přenos síly, musí fungovat bezchybně a za optimálních pracovních podmínek. Pokud nastane skutečnost, že kterýkoli z komponentů nepracuje správně, může dojít k projevu závady u samotného komponentu nebo i u jiného. Poškození konkrétního dílu však nemusí znamenat, že tento díl je vadný z výroby. Může to znamenat, že celý systém z nějakého konkrétního důvodu nepracuje tak jak má. [15]

#### 4.3.5 Znaky poškození hydraulických zdvihátek

Zdvihátko poškozena zvýšeným mechanickým tlakem nebo v důsledku nedostatečného mazání jsou znázorněny na obrázku 4.



Obrázek 4 - znaky poškození hydraulických zdvihátek – archiv autora

Zdvihátko je silně stlačované mezi palcem vačkového hřídele a ventilem. To je patrné na pístku zdvihátek, kde je vidět nadměrný otlak od ventilu. Zároveň jsou velmi patrné znaky extrémního tlaku na zdvihátko na jeho vrchní straně, kde na něj působí palec vačky. Povrchy zdvihátek pro motory PD jsou speciálně upravovány tak, aby vydržely dlouhodobou zátěž. V případě, že je tlak na zdvihátko nepřiměřeně vysoký, olejový film na povrchu zdvihátek není schopen odolat nadměrnému mechanickému namáhání. Dochází ke smíšenému tření a nedostatek olejového filmu zapříčiní jeho poškození. Je zde velká pravděpodobnost, že pokud zdvihátka pracují v takto velmi nevhodných pracovních podmínkách dojde k jejich trvalému poškození. Pokud toto nastane tak ve většině případů dojde i k poškození dalších komponentů toho systému pro přenos síly. [13] [16]

#### 4.3.6 Znaky poškození na vačkovém hřídeli.

Vačka je poškozena také na palci vačky. Tato strana vačky za normálních okolností neklade na zdvihátko výrazný tlak, jelikož se jedná o neaktivní fázi v rotaci vačky. V této fázi by měla vačka pouze volně klouzat po olejovém filmu povrchu zdvihátka. Na této části vačky je evidentní opotřebení. To je důsledek silného tření komponentů vačky se zdvihátkem, namísto zmíněného volného klouzání po olejovém filmu. Stejně opotřebení je patrné i na jiných palcích vačky. Opotřebení vačky a zdvihátek je ve většině případů důsledkem jiného problému. Nejedná se o vadné komponenty, ale o projev jiné závady. Hydraulický systém pracuje bezchybně pouze jsou-li zajištěny optimální podmínky. Vždy je proto nutné vyměnit veškeré komponenty, které s vačkou či zdvihátkem souvisí. Proto je nejvhodnější variantou vyměnit celou sadu toho systému. Aby k této závadě znovu nedocházelo je nutné zajistit také správné mazání všech komponentů. Znak opotřebení vačky vačkové hřídele je znázorněn na obrázku 5. [13]



Obrázek 5 - znak poškození vačky – archiv autora

### **Další možné příčiny závad:**

- **Oslabené mazací schopnosti motorového oleje** – může k tomu dojít v případě netěsnosti jedno či více vstřikovačů. Dochází ke kontaminaci oleje motorovou naftou.

- **Špatná kvalita motorového oleje** – z důvodu malého prostoru v hlavě válců má vačková hřídel úzké vačkové palce. Motorový olej musí splňovat předepsané normy VW (505.01, 506.01 a 507.00).

- **Poškození vačkového palce na vačkovém hřídeli**
- **Nesprávně nastavené časování ventilů**
- **Nesprávná tloušťka těsnění hlavy válců.**
- **Opracování dosedací plochy pro těsnění hlavy válců.**
- **Kombinace výše uvedených důvodů.**

#### 4.3.7 Jiné problémy

Použití původních dílů, které nevykazují závadu, způsobuje opakované problémy. Dojde k odstranění poškozených dílů, ty jsou nahrazeny novými díly, ale příčina trvale zůstává. Například výměna zdvihátek ale použití staré vačkové hřídele. Závada se však velmi brzy znovu projeví. Z tohoto důvodu je vždy nutné vyměnit veškeré díly z toho systému. V tomto případě kompletní sady vaček. [17]

#### 4.4 Závady systému EGR

Systém EGR je jedna z technologií, která dokáže účinně snížit emise výfukových plynů vznětových motorů. Tento systém pracuje na principu recirkulace výfukových plynů zpět do sání motoru, kde tyto plyny znovu projdou procesem spalování. Principem tedy je, že část výfukových plynů prochází výměníkem tepla. Poté jsou nasávány zpět do motoru. Tímto procesem se omezuje vznik dalšího NO<sub>x</sub>. Nasátí částí spalin zpět do sání lze dosáhnout i vhodným nastavením rozvodů. Tento proces se nazývá vnitřní recirkulací, ale účinek je nižší z důvodu vynechání procesu chlazení výfukových plynů. [18]

Základem tohoto systému je ventil EGR. Nejstarším typem ventilu, který se už v dnešních motorech nepoužívá je ventil, který je řízen podtlakem (pneumaticky) se snímačem polohy. Jako další modernější typ je ventil, který je také řízen pneumaticky ovšem velikost podtlaku je řízena pomocí elektromagnetického převodníku. Jako poslední a nejmodernější typ je elektronicky ovládaný ventil. Přepouštěcím šoupátkem tak již nepohybuje membrána ale přímo přes vhodný převod elektromotor se zpětnou vazbou o poloze klapky. [19]

EGR se používá u většiny vznětových motorů, které splňují emisní normy EURO IV a vyšší. V poslední době se tento systém začíná objevovat i u některých zážehových motorů. Instalací dodatečného EGR systému dojde k výraznému snížení oxidu dusíku. U vznětových motorů přibližně o 50 procent a s tím dojde i ke snížení produkce pevných částic, a to přibližně o 10 %. U zážehových motorů s nepřímým vstřikováním benzínu (MPI) dochází ke snížení o 40 %. U motorů s přímým vstřikováním o 50–60 %. [18] [19]

#### 4.4.1 Projevování závady a její oprava

U motoru se začala projevovat závada pouze občasnou signalizací na palubní desce „Emise do dílny“ doplněnou o rozsvícenou kontrolkou motoru. Ta ovšem sporadicky zhasínala a opět se rozsvěcela. Motor měl pravidelný chod a vozidlo se chovalo zcela normálně a bez jakýchkoliv závad.

Vozidlo se připojilo na diagnostický přístroj, kde se vyčetli závady v jednotce motoru. Při načtení chyb se zjistilo, že je v motorové jednotce uložena závada pod číslem 16785. Její popis lze vidět na obrázku 6.

#### 01 - Elektronika motoru

##### Identifikace řídicí jednotky

ID řídicí jednotky	235
VIN (Číslo podvozku)	
Kódování	00 00 48

##### Seznam závad

Číslo závady	Popis závady
16785	System zpětného vedení výfukových plynů ( <i>průtok příliš malý</i> )

Obrázek 6 - chybová hláška v ŘJ motoru – archiv autora

Podle diagnostické příručky, kde se podle čísla chybového kódu vyhledala tato závada bylo doporučeno zkontrolovat veškeré elektrické vedení. Veškeré možné součástky, které je nutné zkontrolovat jsou uvedeny na obrázku 7.

**Chyba:**

system zpetneho vedeni vyfuk.plynu - prtok prilis maly#

**Příčina:**

vadne napajeni nebo spatne ukostreni snimace(G40)\*zkrat na kostru nebo prerusene vedeni mezi snimacem(G40) a RJ motoru\* spatne upevneny snimac;

**Projevy:**

-

**Doporučený postup odstranění:**

-

*Obrázek 7 - možné příčiny závady – archiv autora*

Závada, která byla v jednotce uložená šla smazat, ale pokud se vozidlo pohybovalo v konstantních otáčkách, kdy EGR pracuje, se závada objevila znovu. Když byl motor stále v záběru, systém EGR byl zavřený, a nefunkčnost se tak neprojevila. Průtok spalin v systému EGR je měřen ŘJ motoru za pomoci hodnot váhy vzduchu.

V měřených hodnotách v diagnostickém přístroji jsme našli hodnoty, které jsme pro diagnostiku závady potřebovali. Byly to hodnoty „Systém recirkulace výfukových spalin – Požadované množství a aktuální množství“. Aktuální množství by se mělo přibližně rovnat požadované hodnotě, která je nahraná v systému řídicí jednotky motoru. V našem případě bylo požadované množství nasávaného vzduchu při volnoběžných otáčkách 280 mg/zdvih, přičemž naše vozidlo vykazovalo hodnotu 495 mg/zdvih. Po zjištění této skutečnosti bylo velice pravděpodobné, že je systém EGR velice zanesen či se jeden z ventilů neotevívá nebo není ovládaný.

První krok, který byl uskutečněn, bylo zkontrolování veškerých podtlakových hadic, které ovládají systém EGR, zda někde nedochází k úniku podtlaku. Když už byly veškeré hadičky zkontrolovány, pročistili jsme je pomocí stlačeného vzduchu. Všechny podtlakové hadičky však byly v pořádku.

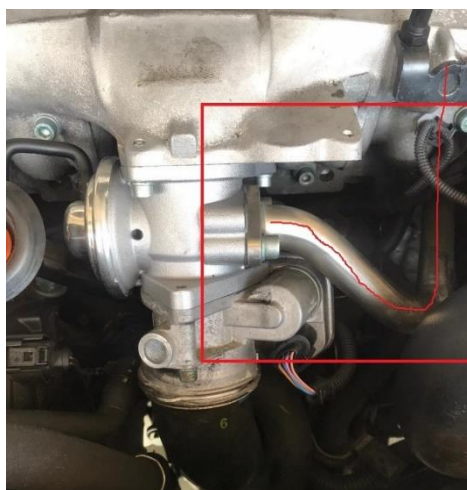


Jako další krok následovala demontáž celého systému ERG včetně chladiče systému a propojovací trubky k ventilu, který přepouští spaliny z výfuku do sání. Po demontáži celého systému, který je vidět na obrázku 8 jsme provedli kontrolu veškerých demontovaných dílů a zjistili, kde je problém.



Obrázek 8 - systém EGR [27]

V systému byla ucpaná trubka, která propojuje chladič spalin s ventilem, jež je řízen podtlakem. Na obrázku 9 je v rámečku zvýrazněná propojovací trubka, která byla ucpaná. Tuto trubku bylo nutné pořádně vyčistit a zjistit z jakého důvodu došlo k jejímu ucpání. První možností by mohlo být velmi časté podtáčení motoru. Další možností nefunkčnost některého dílu.



Obrázek 9 - ucpaná propojovací trubka [27]

Veškeré díly bylo nutné před následnou montáží vyčistit od nánosů a pro jistotu překontrolovat jejich funkčnost. Pomocí podtlakové pumpičky jsme překontrolovali funkčnost ventilu, zda není poškozená membrána a ventil je otvírán. Princip kontroly je znázorněn na obrázku 10. Membrána byla poškozená a bylo proto nutné ventil vyměnit za nový. To mělo za následek zanesení propojovací hadice mezi chladičem a tímto ventilem. Po výměně ventilu a následné montáži veškerých dílů bylo ještě nutné provést základní nastavení systému pomocí diagnostického přístroje.



Obrázek 10 - test EGR ventilu [27]

Jako poslední se vymazali uložené závady v řídicí jednotce a provedla se testovací jízda. Pro jistotu se ještě zkontrolovali měřené hodnoty stejně jako na začátku diagnostiky a hodnoty na volnoběžné otáčky se pohybovali kolem hodnoty 295 mg/zdvih, kdy požadováno je 280 mg/zdvih. Po výměně a testovací jízdě se chyba v řídicí jednotce již neobjevila a závada byla odstraněna.

#### 4.5 Závady na vstřikovacích jednotkách

Sdružená vstřikovací jednotka nebo PD vstřikovač je svým způsobem realizace hydraulického pístového vstřikování paliva pro vznětové motory. V tomto případě tvoří vstřikovací čerpadlo a vstřikovací tryska jednu jednotku. Ve většině případů je poháněná od vačkové hřídele za pomoci vahadel a je umístěná v hlavě válců vznětového motoru. Jednoduše řečeno je tento systém vhodný pro motory s rozvodem OHC. [8] [11]



Chybějící vysokotlaké vedení umožňuje dosažení vysokých vstříkovacích tlaků, které dosahují hodnot až 220 Mpa. Samotný vstříkovač je ovládán řídicí jednotkou motoru pomocí vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Na obrázku 11 jsou znázorněny vstříkovače z motoru 1.9 TDI 77 kW BXE. [11]



Obrázek 11 - vstříkovací trysky PD – archiv autora

#### 4.5.1 Diagnostika a odstranění závady

Na vozidle s motorem 1.9 TDI o výkonu 77 kW se začala projevovat závada nepravidelného chodu motoru na volnoběžné otáčky. Nepravidelný chod se zvětšoval podle toho, zda byl motor ohřátý na provozní teplotu anebo zda byl studený. Pokud byl ohřátý na provozní teplotu nepravidelný chod byl větší. Během jízdy však závada poznat nešla. Nadměrné vibrace motoru byly doplněny ještě o jednu závadu. Pokud vozidlo stálo na místě déle než 12 hodin, tak při startu motoru točil startér motorem cca 10 sekund, než podávací čerpadlo v nádrži odvzdušnilo palivový systém.

Po připojení vozidla na diagnostický přístroj a vyčtení chybových kódů z řídicí jednotky motoru se objevila chyba s číslem 16685. Pod tímto číslem je uložena chyba „Válec 1 – zjištěno vynechání zážehu“. Veškeré projevy, příčiny a doporučený postup odstranění je znázorněn na obrázku 13.

**Chyba:**

valec 1 zjištěno vynechávání zážehu;

**Příčina:**

nizký kompresní tlak\*1 válec nespaluje;

**Projevy:**

nizký výkon\*nepravidelný chod motoru\*emise neodpovídají stanoveným hodnotám;

**Doporučený postup odstranění:**

kontrola kompresního tlaku\*kontrola plnění válců\*kontrola vstřikovacích ventilů zapalovacích svíček a kabelů#

Obrázek 12 - příčiny závady vstřikovače – archiv autora

Pro kontrolu samotných vstřikovačů není nutné je demontovat z vozu. V diagnostickém přístroji si otevřeme v řídicí jednotce motoru záložku měřené hodnoty. Po nalezení kanálu č.13 se zobrazí 4 hodnoty, které udávají odchylku vstřikovaného množství. Na obrázku 13 níže je vidět, že hodnoty na vstřikovači 1. a 2. jsou už mimo toleranční pole -1 až 1 mg/str.

The screenshot shows the VCDS (VAG COM Diagnostic System) interface. At the top, it displays 'Vzorkování 1.9 -' and 'Zrychlit čtení'. Below that, 'Popisky: SVD\03G-906-016-BKC.LBL' and 'Měřené hodnoty' are visible. The interface is divided into three main sections, each with a 'Skupina' (Group) and a 'Start' button.

Skupina	Volnobeh stabilizace (odchylka vstřikovaného množství)	Startovací podmínky (poslední start)	Teploty
013	2.59 mg/str, -1.72 mg/str, -0.56 mg/str, -0.35 mg/str	819 /min, 15.4 mg/str, 48.0, 70.2°C	56.7°C, 28.8°C, 70.2°C
	odchylka vstřikovaného množství v: (4x)	Otáčky motoru (G28), Start vstřikování množství, synchronizace startu, teplota chlazení (G62)	teplota paliva (G81), teplota nasav. vzduchu (G72), teplota chlazení (G62)
005			
007			

At the bottom of the interface, there are several buttons: 'Použijte servisní manuál', 'Přidat do logu', 'Přepnout na základní nastavení', 'Zpět', 'Graf', and 'Logování'.

Obrázek 13 - měřené hodnoty vstřikovaného množství – archiv autora

Tyto hodnoty mohou znamenat dvě příčiny závady. Jako první příčinou může být staré a špatně těsnící těsnění vstřikovacích jednotek a jako druhá příčina může být vadný vstřikovač jako takový. Vadné těsnění vstřikovacích jednotek lze vyzorovat přibývajícím množstvím oleje z důvodu pronikání nafty do oleje. Jako další znak vadného těsnění vstřikovače mohou být právě dlouhé starty studeného motoru, pokud je vozidlo delší dobu odstaveno.

Pro odstranění této závady je nutné demontovat vstřikovače z motoru. To se provádí následujícím způsobem. Jelikož je jedná o motor s typem vstřikování PD jsou vstřikovače umístěny pod ventilovým víkem. Po demontáži ventilového víka následuje demontáž vahadel vstřikovačů. Následujícím krokem je odpojení elektrických svazků k jednotlivým vstřikovačům a povolení šroubu které vstřikovač drží na své pozici v hlavě motoru. Pomocí přípravku na demontáž vstřikovacích trysek je demontujeme. Na každém vstřikovači se vymění sada těsnění, která je znázorněná na obrázku 14.



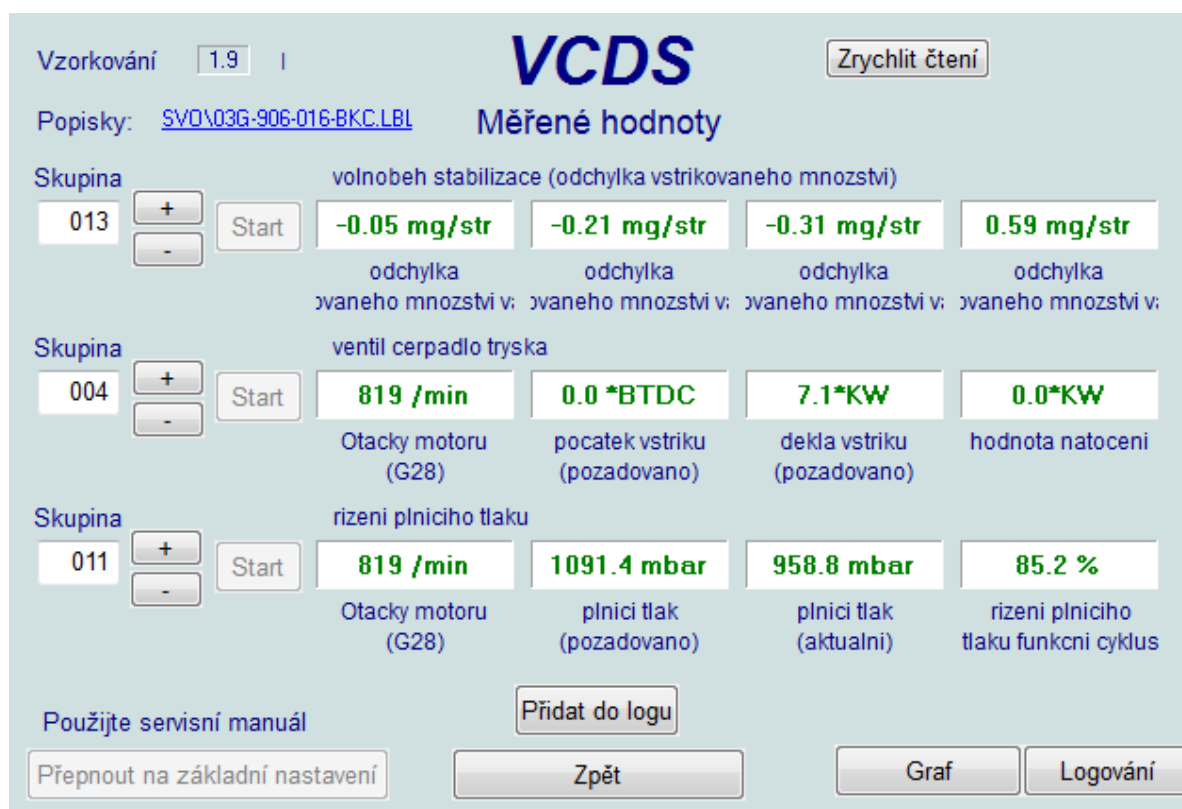
Obrázek 14 - opravná sada těsnění vstřikovače – archiv autora

Po výměně těsnění na všech vstřikovačích je možné provést jejich montáž do motoru. Je však velice důležité potřít vstřikovač dostatečným množstvím oleje v místě dvou největších těsnících kroužků aby nedošlo k její zkroucení či natržení. Celá oprava by tak byla bezpředmětná a závada by přetrvávala nebo by motor nešlo vůbec nastartovat.

Jakmile jsou vstřikovače namontovány v motoru a připevněné pomocí nových šroubů, které jsou dotaženy na moment 12 Nm lze provést montáž vahadel vstřikovačů. Je nutné použít rovněž nové šrouby, které jsou dotaženy na moment 20 Nm. Jako další krok je nutné nastavení samotných vstřikovačů. To se provádí následujícím způsobem. Pro lepší otáčení motorem si demontujeme žhavicí svíčky.

Poté si na 1. válci nalezneme moment, kdy je vstříkovač maximálně stlačený, dotáhneme na maximum seřizovací šroub na vahadle. Jeli šroub maximálně dotažený a vstříkovač maximalně stlačený povolíme seřizovací šroub o 180° a dotáhneme zajišťovací maticku. Tímto způsobem provedeme seřízení zbyvajících vstříkovačů na ostatních válcích. Jako poslední věc je montáž ventilového víka a žhavicích svíček.

Před samotným startem vymažeme s řídicí jednotky uložené závady a provedeme testovací start motoru. První start bude zcela jistě trvat, celý palivový systém bude zavzdušněný. Start provádíme pouze tak dlouho abychom nepoškodili startér a s pravidelými přestávkami. Po úspěšném startu motoru si opět otevřeme měřené hodnoty v řídicí jednotce motoru a nalezneme kanál č. 13. Hodnoty vstříkovačů jsou znázorněny na obrázku 15.



Obrázek 15 - měřené hodnoty vstříkovačů po opravě

Hodnoty všech vstříkovačů jsou v požadovaném rozmezí od -1 až 1 mg/str. Nepatrně vyšší hodnota na 4. válci může být způsobena starším dvouhmotovým setrvačnickem. Oprava byla v tomto případě úspěšná a závada se již znovu neprojevovala. Motor získal zpět pravidelný chod a dlouhé studené starty po delší době stání se tímto také vyřešili.

## 4.6 Závady na rozvodech motorů

Ventilový rozvod využívá ventily na řízení toku vzduchu při sání a spalin při výfuku. Jedná se o nejčastější typ rozvodů, které se používají ve čtyřtaktních spalovacích motorech. Princip činnosti spočívá v tom, že jedna či více vačkových hřídelí příslušnou vačkou řídí otevírání ventilů. Vačková hřídel je poháněna od klikového hřídele a otáčí se, jak již bylo uvedeno v kapitole o vačkové hřídeli dvakrát pomaleji než kliková hřídel, protože jeden pracovní cyklus trvá dvě otáčky motoru. Pohyb vačky je na ventily přenášen v závislosti na typu rozvodu. Nejčastěji to může být zdvihátky, vahadly, zdvihacími tyčkami. Zavírání ventilů je ve většině případů zabezpečeno pomocí pružin na ventilech. [20]

**Pohon rozvodu je odebírán od klikové hřídele za pomoci:**

- **Řetězu** – jedno nebo víceřadý řetěz
- **Ozubeným řemenem** – řemen s vnitřním ozubením
- **Ozubeným převodem** – s čelním ozubením

**Rozdělení podle umístění vačkové hřídele a ventilů je následující:**

- **F** – jeden ventil je umístěn na boku válce a druhý ventil jen umístěn v hlavě motoru
- **SV** – ventil je umístěn na boku válce
- **OHV** – ventily jsou umístěn v hlavě válců a vačková hřídel je umístěná v bloku motoru
- **OHC** – ventily i vačková hřídel se nachází v hlavě válců
- **DOHC** – ventily a dvě vačkové hřídele jsou umístěny v hlavě válce
- **Desmodronický** – otevírání a zavírání je vynucené pomocí vaček. Tento rozvod se používá pro vysokootáčkové motory. [21]

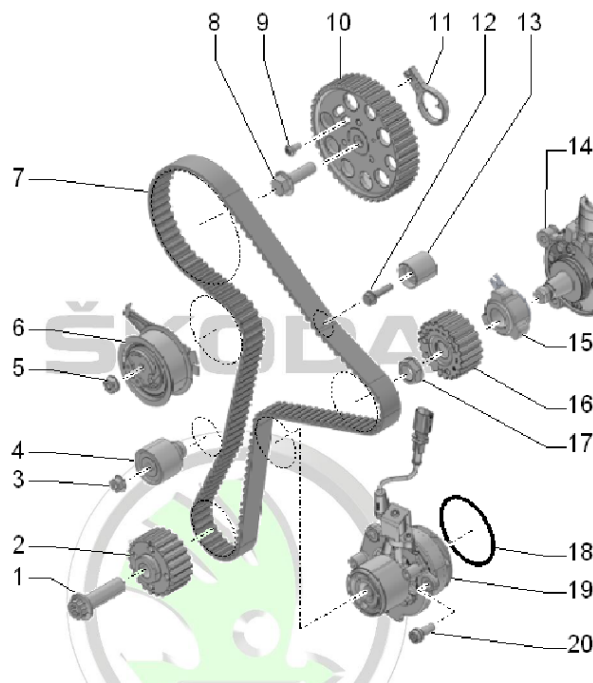
### 4.6.1 Rozvod motoru 1,6 TDI 77 kW CLHA

Tento typ motoru se začal vyrábět a montovat do vozidel koncernu Volkswagen v listopadu roku 2012. Jednalo se kompletně přepracovaný motor oproti jeho předchůdci o stejném výkonu i objemu. Maximálního výkonu 77 kW dosahuje při 4000 otáčkách za minutu. Maximální kroutící moment činí 250 Nm při 2760 otáčkách za minutu. [22]

Rozvod u toho vybraného typu motoru je realizován pomocí řemene s vnitřním ozubením. Tento motor disponuje dvěma vačkovými hřídeli. Jedna je pro sací ventily a druhá pro ventily výfukové. Celkový počet ventilů je 16 tzn. 4 ventily na válec z toho 2 sací a 2 výfukové. Schéma rozvodů je znázorněno na obrázku 16. [22]

#### Popis jednotlivých částí:

- 2 – Ozubené kolo klikového hřídele
- 4 – Vodící kladka
- 6 – Napínací kladka
- 7 – Rozvodový řemen
- 10 – Ozubené kolo vačkové hřídele
- 13 – Vodící kladka
- 14 – Vysokotlaké palivové čerpadlo
- 19 – Vodní čerpadlo



Obrázek 16 - schéma rozvodů motoru 1,6 TDI [22]

Interval výměny rozvodového řemene a souvisejících komponent je u toho motoru stanoven na 210 000 km. Interval se oproti motorům o objemu 1,9 litru a stejném výkonu prodloužil 90 000 km. [22]

#### 4.6.1.1 Závada a diagnostika

Tento motor je, co se týče spolehlivosti velice kvalitní. Jeden z problémů, které u něj velmi často nastává se týká vodního čerpadla. Disponuje celkem dvěma vodními čerpadly. Jedno je poháněno pomocí rozvodového řemene a druhé přídatné je elektricky poháněné. Problém nastává u čerpadla, které je umístěno v bloku motoru a je poháněno právě od rozvodového řemene. U čerpadla nejčastěji dochází ke dvěma závadám:

- Přehřívající se chladicí kapalina motoru
- Unikající kapalina kolem čerpadla

První výše zmíněná závada bývá způsobena nově používanou konstrukcí vodního čerpadla. Čerpadla používané v tomto motoru jsou vybavena přídatnou elektronikou, která podle potřeby dokáže čerpadlo „vypnout“. Princip je znázorněn na obrázku 17. Na prvním obrázku je znázorněno čerpadlo, které je plně otevřeno a čerpá chladicí kapalinu do motoru. Na druhém obrázku je znázorněn stav, kdy je čerpadlo uzavřeno a čerpadlo v ten moment chladicí kapalinu nečerpá. Pokud je čerpadlo v tomto stavu, tak chlazení motoru zajišťuje druhé přídatné čerpadlo.



Obrázek 17 - princip vypínání vodního čerpadla – archiv autora

Přesně v tomto systému vypínání a zapínání nastává problém. Po nějakém čase dojde k opotřebování a v momentě, kdy motor vyžaduje, aby bylo vodní čerpadlo otevřené, tak zůstane zaseknuté a motor se začne během chvíle přehřívat. Pokud k tomu dojde je třeba ihned vypnout motor. Pokud dojde k vypnutí motoru, vodní čerpadlo se opět uzavře a ve většině případů po opětovném nastartování se už otevře tak jak má.



Koncern Volkswagen o této závadě ví a dle dostupných informací je řeší v rámci záruky zdarma, pokud má ještě vozidlo platnou záruční lhůtu. V případě, že záruční doba již uplynula, musí si závalu na vozidle majitel zaplatit z vlastních finančních prostředků. Výrobci vodních čerpadel během krátké doby přišli s inovací, kde se vracejí k typu, kdy vodní čerpadlo čerpá chladicí kapalinu neustále, pokud je motor v provozu.

V návaznosti na předchozí závalu, která se u těchto motorů objevuje je unikající chladicí kapalina. Tento problém nastává ve většině případů, pokud dojde alespoň v jednom případě k zaseknutí vypínacího mechanismu. V posuvné části se po čase opotřebuje těsnění a kolem něho začne unikat chladicí kapalina. To má negativní vliv na rozvodový řemen a ložiska. Dochází tak v ten moment k mnohem rychlejšímu opotřebenosti. V obou výše zmíněných případech se doporučuje vyměnit kompletně celou rozvodovou sadu, která obsahuje již vodní čerpadlo bez vypínacího segmentu. V obou případech dochází k závadám v rozmezí 60 000 – 120 000 km. Když vezmeme v potaz nejvyšší nájezd, tak jsou podle výrobce rozvody teprve lehce za polovinou své životnosti.

#### 4.6.2 Rozvod motoru 1,2 TSI 63 kW

Tento čtyřválcový zážehový motor se do vozidla Škoda Fabia začal montovat v březnu roku 2010 a výroba byla ukončena v prosinci roku 2014. Je to přeplňovaný motor o výkonu 63 kW a maximální točivém momentu 160 Nm, kterého dosahuje v rozmezí 1400–3500 ot/min.

Rozvod je u tohoto motoru řešen pomocí třířadého rozvodového řetězu. Tento motor disponuje dvěma ventily na válec, kdy celkový počet ventilů je 8. Na obrázku 18 lze vidět kompletní rozvody po demontáži krytu rozvodů a držáku motoru. [22]



Obrázek 18 - rozvody 1,2 TSI [23]



Interval výměny rozvodového řetězu výrobcem stanoven není. Rozvodový řetěz by měl být doživotní ovšem během provozu dochází k jeho částečnému opotřebení, které může vést k jeho poškození či „přeskočení“ rozvodů o jeden či více zubů. To může vést i k velmi závažnému poškození motoru. [22]

#### 4.6.2.1 Závada a diagnostika

Závada nastává u motorů s interním označením EA111, které jsou neustále zužovány nekvalitními rozvodovými řetězy. Problém s rozvodem lze poznat vcelku jednoduše. Pokud motor není v provozu odhadem 10-15 minut tak olej, který pomocí olejového napínacího zařízení napíná rozvodový řetěz zteče zpět do olejové vany a řetěz se povolí. Po opětovném nastartování je slyšet chrastivý zvuk, který značí, že rozvodový řetěz není napnutý. To může vést v lepším případě k „přeskočení“ rozvodů o zub. V horším případě o více zubů nebo dokonce jeho přetržení, což může mít za následek celkovou destrukci motoru. Dojde totiž k tomu, že se otevře jeden z ventilů právě v okamžik, kdy se píst nachází v horní úvrati. [23]

Koncern Volkswagen svůj problém začal řešit a rozvody se dočkaly modernizace. Motory dostaly silnější rozvodový řetěz, ozubená kola a delší vodící lišty. Motorům, které byly tímto problémem dotčeny v záruční době, nebo do stáří 3 let s maximálním nájazdem 100 000 km, byly rozvody opraveny v rámci garance. U vozů, které již v záruce nebyly, byla poskytnuta alespoň částečná pomoc v rámci úhrady poloviny nákladů. To bylo ovšem podmíněno stářím vozu do 6 let a maximálním nájazdem do 200 000 km. Majitelům starších vozidel s větším nájazdem nebyla poskytnuta žádná finanční kompenzace. [23]

#### 4.7 Závady na systému DPF

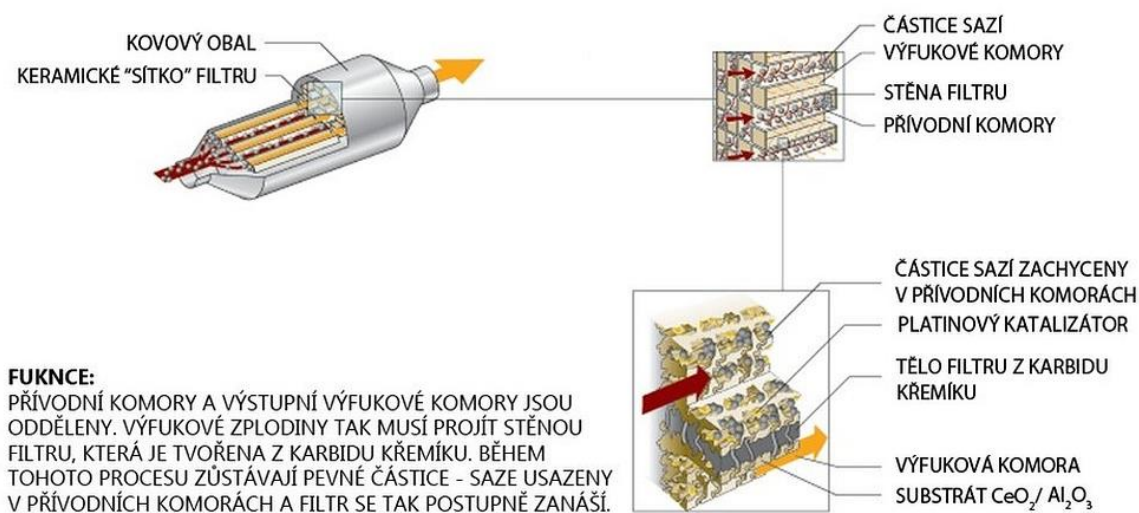
DPF (Diesel Particulate Filter) neboli filtr pevných částic je v dnešní době velmi potřebná a užitečná součást moderních vozidel s naftovým motorem. Jeho cílem je zabránit rozptylování prachových částic a zajistit lepší vzduch pro obyvatele. DPF obvykle používá substrát vyrobený z keramického materiálu, který je formován do voštinové struktury. Průřez filtrem DPF je znázorněn na obrázku 19. [24]



Obrázek 19 - průřez filtrem DPF [24]

Filtrování pevných částic bylo poprvé zvažováno v 70. letech z důvodu obav ohledně inhalovaných částic lidmi. Filtry pevných částic se na nesilničních strojích používají od roku 1980 a v automobilovém průmyslu od roku 1985. U nákladních automobilů nebyly emise regulovány až do roku 1987, kdy bylo v Kalifornii poprvé zavedeno omezení emisních částic. Od té doby jsou postupně zpřísněny emisní hodnoty jak u osobních, tak u nákladních aut. Princip funkce filtru DPF je znázorněn na obrázku 20. [25]

Stále přísnější emisní normy naftových motorů už bez filtru pevných částic splnit nelze. V České republice například od 1.1.2011 nešlo zaregistrovat nové vozidlo, které nesplňovalo emisní normu Euro 5. Týkalo se to například vozu Škoda Octavia II po faceliftu s motorem 1.9 TDI bez filtru pevných částic, jež plní emisní normu Euro 4.



Obrázek 20 - konstrukce a princip filtru DPF [25]

#### 4.7.1 Regenerace

Aby se snížily emise z vozidel s naftovým motorem, filtry pevných částic zachycují a ukládají saze výfukových plynů, které je nutné pravidelně spalovat. Proces regenerace spaluje přebytečné saze usazené ve filtru. Což znamená, že zabraňuje škodlivým emisím výfukových plynů a černému kouři, vycházet z výfuku ven. Existují dva typy regenerace: pasivní a aktivní. [26]

#### 4.7.1.1 *Pasivní regenerace*

Pasivní regenerace nastává, když auto jede na dlouhé cestě po dálnici odpovídající rychlostí, což umožňuje zvýšit teplotu výfukových plynů na vyšší úroveň a čistě spálit přebytečné saze ve filtru. Doporučuje se, aby řidiči pravidelně projížděli své naftové vozidlo po dobu 30 až 50 minut při jízdě odpovídající rychlostí na dálnici nebo na silnici, aby se mohl filtr důkladně zregenerovat. Jelikož ne všichni řidiči však tento styl jízdy jezdí pravidelně, tak výrobci navrhli alternativní formu regenerace. [26]

#### 4.7.1.2 *Aktivní regenerace*

Aktivní regenerace znamená, že řídicí jednotka motoru si upraví dávku paliva, když filtr dosáhne předem stanovené meze zanesení (obvykle asi 45 %), aby se zvýšila teplota výfukových plynů a spálily se uložené saze. Problémy však mohou nastat, pokud je cesta příliš krátká, protože proces regenerace nemusí být zcela dokončen. V takovém případě bude regenerace pokračovat po dalším nastartování motoru. Pokud by z důvodu krátkých tras nebylo možné regeneraci dokončit, řidiče na to upozorní kontrolka na palubní desce, že filtr je stále částečně zablokovaný. V takovém případě by mělo být možné dokončit regenerační cyklus jízdou anebo je třeba vyhledat servis. [24]

O tom, zda probíhá aktivní regenerace, lze zjistit podle následujících příznaků:

- Změna chování motoru
- Chladicí ventilátory běží
- Mírné zvýšení spotřeby paliva
- Zvýšená volnoběžná rychlost
- Deaktivace automatického Stop / Start
- Horký, štiplavý zápach z výfuku

#### 4.7.1.3 *Servisní regenerace*

Vozidlo vybavené filtrem pevných částic si v některých případech vyžádá servisní regeneraci filtru. Nejčastěji to bývá způsobeno nesplněním některé z podmínek regenerace za normálního provozu vozidla. Podmínkami pro spuštění regenerace může být např. dostatek paliva v nádrži, teplota výfukových plynů za turbodmychadlem a před filtrem pevných částic. Servisní regeneraci si může vozidlo vyžádat i v případě, že se sice regenerace za provozu spustí, ale pravidelně není dokončena. To může být způsobeno krátkými trasami. Po určité době se filtr zanesou sazami a je třeba ho zregenerovat servisní regenerací.

Řidič vozidla na toto bývá upozorněn na palubní desce vozu. Na té se zpravidla rozsvítí kontrolka filtru DPF a bývá doplněna o kontrolku motoru, případně i o blikající kontrolku žhavení. Pokud toto nastane vozidlo se přepne do tzv. nouzového režimu, který sníží výkon motoru. Pokud toto nastane je třeba vyhledat odpovídajícího servisního partnera.

Existují dvě varianty servisní regenerace. První je servisní regenerace u stojícího vozidla a druhá u vozidla za jízdy. U té druhé je vždy třeba, aby jí prováděli dva technici. Detailněji popíšu tu první a tou je servisní regenerace u stojícího vozidla Škoda Octavia 3 FL 1,6 TDI 85 kW r.v. 2017. Popis spuštění a průběhu servisní regenerace u stojícího vozidla.

Jako první bylo třeba vyčíst paměť závad řídicí jednotky motoru pomocí diagnostického zařízení VAG COM MAX. Diagnostická zástrčka se u tohoto vozidla nachází u řidiče pod volantem. Po připojení a otočení klíčku do první polohy vyčteme paměť závad motoru. Na následujícím obrázku 21 lze vidět závady, které byly v jednotce uloženy.

```
VIN: TMBJG7NE7J0071016   Výrobní štítek: 6AF 0756
```

```
|
```

```
-----  
-----
```

```
          Adresa 01: Motor          Labely: SVO\04L-907-309-V1.clb  
Objednací číslo řídicí jednotky: 04L 906 056 GT   HW: 04L 907 445 E  
          Systém a/nebo verze: R4 1.6l TDI   H01 4122  
          Kódování: 01114012432419090000  
          Číslo dílny: WSC 73430 031 00000  
ASAM Dataset: EV_ECM16TDI03004L906056GT 004005 (SK37)  
          ROD: EV_ECM16TDI03004L906056GS_004.rod  
          VCID: 05059700848887AE21-8050
```

```
12 závad nalezeno.
```

```
23902 - Filtr naftových částic - zanesení sazemí příliš vysoké  
P2463 00 [175] - -  
Kontrolka závad ZAP - Potvrzeno - Testováno od smazání paměti  
info o závadě:  
Stav závad: 00000001  
Priorita závad: 2  
Frekvence závad: 1  
Kilometry: 114992 km  
Datum: 2020.11.15  
Čas: 21:44:45
```

*Obrázek 21 - výpis závad v ŘJ motoru*

V jednotce motoru bylo uloženo 12 závad, ale ostatní se zde uložily z důvodu slabého akumulátoru. Jednalo se o sporadické závady, které šly smazat. Závada s číslem 23902 smazat nešla. Jako další jsme si otevřeli kartu **Měřené hodnoty UDS**, ze které jsme zjistili, že poslední regenerace proběhla před 1589 kilometry. To je na tenhle typ vozidla trojnásobně víc kilometrů,

než když se regenerace spouští normálně. Z měřených hodnot jsem dále zjistili, že zanesení filtru ještě není tak velké, a proto není nutná jeho výměna. Hmotnost nespalitelného olejového popílku byla cca 26 gramů. Maximální hodnota je cca 45 gramů. Pokud tuto hodnotu překročí, hrozí při regeneraci požár vozidla. Hmotnost spalitelných sazí byla cca 46 gramů. V nádrži se nacházelo sotva pár litrů nafty. Bylo nutné nádrž doplnit.

Po splnění všech podmínek pro regeneraci jako např. dostatek paliva v nádrži, zavřená přední kapota, spuštěné všechny komfortní spotřebiče, a to nejdůležitější průběh regenerace na volném prostranství, lze přistoupit k samotné regeneraci.

V jednotce motoru na diagnostickém zařízení vybereme záložku **Bezpečnostní přístup**. VAG nás vyzve k zadání bezpečnostního kódu k povolení základních nastavení v jednotce motoru. Vložíme kód 27971. Nyní můžeme spustit všechna dostupná základní nastavení motoru.

Vybereme v menu položku IDE00471 – regenerace filtru pevných částic a klikneme na START. Diagnostika nás vyzve k sešlápnutí brzdového pedálu, spojky atd. Pokud toto splníme, řídicí jednotka motoru zvýší volnoběžné otáčky motoru na 1500 ot/min. Začíná první ze tří fází regenerace. Tou je fáze zahřívání, protože je třeba zvýšit teplotu výfukových plynů. Zde se teploty pohybují cca od 100°C. Po dokončení této fáze nastává fáze dvě a tou je taktéž zahřívání. V druhé fázi už hovoříme o teplotě výfukových plynů za turbodmychadlem, které mají teplotu cca 700 °C a ve filtru cca 650 °C. Jsou-li teploty dostačující, přepne jednotka motoru na fázi tři neboli regeneraci. Zajímavostí je sledovat prudký pokles teplot při fázi tři. Z cca 700 °C klesla teplota za zhruba 30 vteřin na 200 °C. Po necelé minutě fáze tři hlásí jednotka úspěšně dokončenou regeneraci.

V měřených hodnotách UDS lze vyčíst aktuální hmotnost spalitelných sazí, která je na hodnotě 4,6 gramů. Regenerace proběhla úspěšně. Jako poslední je třeba smazat paměť závad. Nyní už závada smazat šla. Ukončíme komunikaci s jednotkou a odpojíme diagnostický přístroj.

## 5 Praktická část – popis metodiky získávání dat a jejich zpracování.

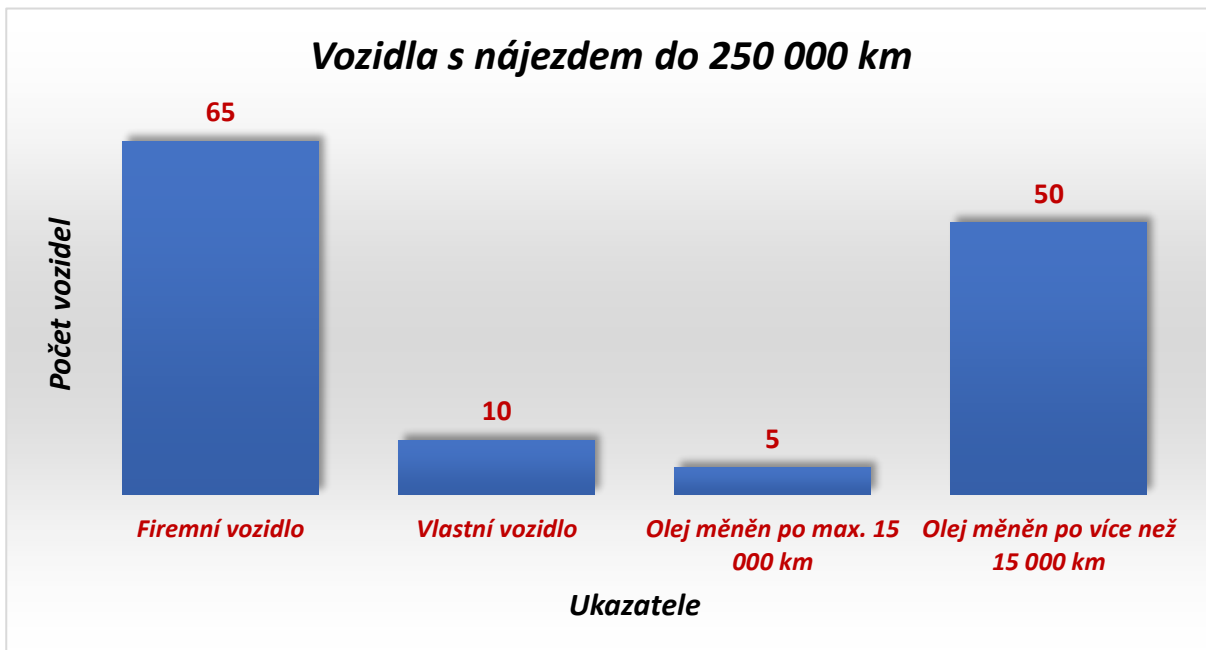
V praktické části práce bude provedena analýza četnosti poruch, které byly popsány včetně jejich postupu opravy v teoretické části této diplomové práce. Jako zdroj dat pro praktickou část jsem si zvolil náš rodinný autoservis JSCAR Lease s.r.o. Součástí autoservisu je i autopůjčovna a všechny závady, které jsou zmíněny se projeví i na vozidlech, která jsou používány pro služby autopůjčovny. Proto budou i tato vozidla do analýzy zahrnuta. Zbytek vozidel, u kterých k dané závadě došlo, jsou vozidla klientů, kteří náš autoservis navštívili z důvodu nějaké závady.

### 5.1 Analýza četnosti poruchy vačkové hřídele a hydraulických zdvihátek.

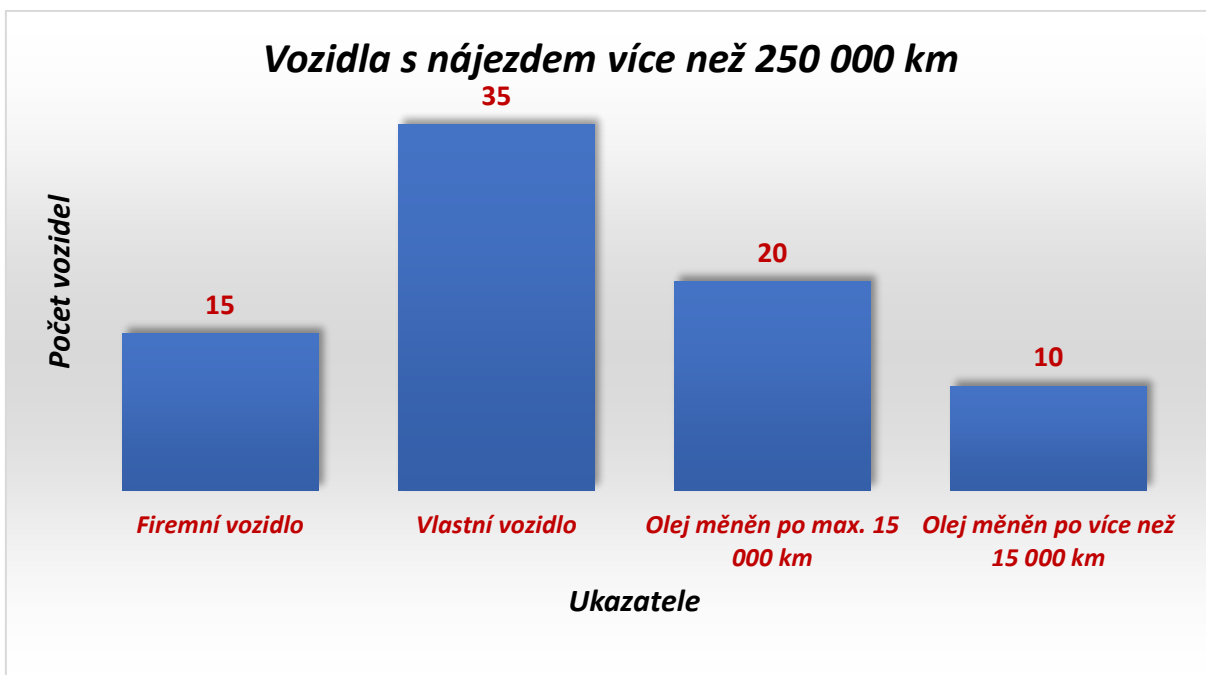
Porucha vačkové hřídele a hydraulických zdvihátek je jednou z vážnějších závad. Kdy k této závadě dojde a v jakém kilometrovém nájezdu záleží zcela nepochybně na řidiči a majiteli daného vozidla s tímto motorem. V případě včasné každé výměny oleje po ujetí 10 000 – 15 000 km včetně potřebného olejového filtru a za použití kvalitního oleje s odpovídající specifikací pro daný motor, se příchod této závady dá co možná nejvíce oddálit. Pokud toto majitel či osoba, která má dané vozidlo na starosti nebude dodržovat, je pouze otázkou času, kdy k tomu dojde. Ale nejde jen o výměnu oleje. Jako další je důležité, jak je s vozidlem zacházeno. Nechat motor pořádně zahřát na provozní teplotu, než od něj bude vyžadován maximální výkon, je stejně důležité jako výměna oleje.

Na následujícím grafu lze vidět počty vozidel, u kterých se závada projevila v závislosti na jednotlivých ukazatelích. Nejvyšší počty vozidel s nájezdem do 250 000 km byly firemní a to 65. U těchto aut nikdo moc neřeší, jak s nimi zacházet, ale očekává se od nich, aby odvedla spoustu práce. Současně s tímto vidíme celkem 50 vozidel u kterých je olej měněn po více než 15 000 km. Většina z nich jsou firemní vozidla, která pro snížení nákladů svých vozidel provádí pravidelný servis vozidel až po 30 000 km. Naopak u vozidel, o které se starají jejich majitelé, k této závadě dochází zřídka. Je to způsobeno tím, že dávají motoru maximální možnou péči a používají vozidlo tak, jak mají. Pouze 10 vozidel, u kterých k této závadě došlo bylo u vozidel jejich majitelů. Někteří z nich byli majiteli vozidla krátce a koupili ho jako ojeté a předešlý majitel měnil olej právě po 30 000 km, nebo se k vozidlu nechoval tak, jak by měl.

Pouze u 5 vozidel, u kterých se olej měnil po 15 000 km, došlo k závadě z důvodu používání nesprávného oleje, který nebyl pro daný typ motoru určený nebo došlo k únavě materiálu.



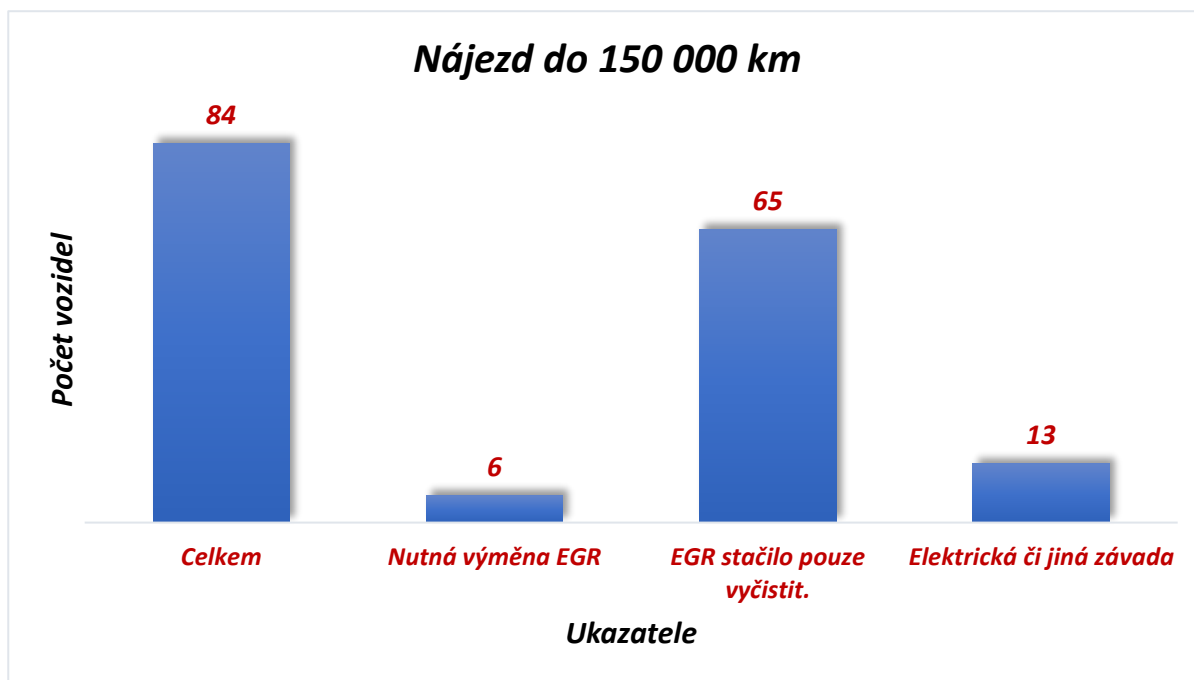
Na následujícím grafickém zobrazení je znázorněna četnost poruchy u vozidel s nájездem více než 250 000 km. Zde dochází k obratu oproti předchozímu grafu, kde více poruch nastalo u vozidel jejich majitelů. V tomto případě je to způsobeno únavou materiálu nebo tím, že si majitelé vozidla odkoupila právě od firem či majitelů z druhé ruky. Lze vidět velký pokles u firemních vozidel. U nich byl olej měněn po maximálně 15 000 km.



## 5.2 Analýza četnosti poruchy systému EGR

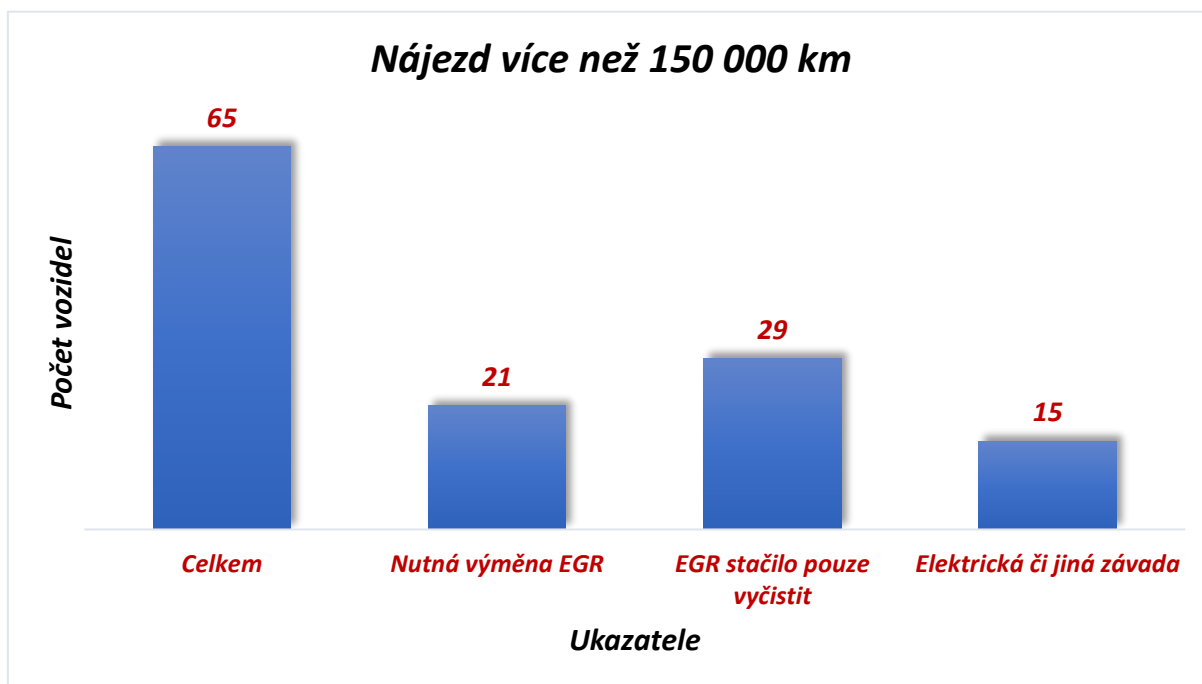
K závadě na systému dochází poměrně často. Jedná se o poruchu, která není až tolik vážná. Dochází k ní z důvodu stylu jízdy, poruše přímo na EGR ventilu, špatné elektroinstalaci nebo podtlakového vedení pro ovládání ventilu. Na následujících grafických zobrazeních vidíme rozdělení pro dva rozdílné nájezdy kilometrů.

První graf znázorňuje četnost poruchy u vozidel s maximálním nájezdem do 150 000 km. Celkem bylo do opravy přijato 84 vozidel s poruchou systému EGR. U 65 vozidel nebyla zjištěna žádná závada na funkčnosti systému. Postačilo pouze ventil vyčistit od usazenin karbonu a mastnoty. Bylo to způsobené častým podtáčením motoru, a proto bylo zanesení již tak velké, že řídicí jednotka uložila do své paměti chybu systému EGR, kde průtok spalin zpět do sání motoru nebyl ve správném množství. Pouze u 6 vozidel byla nutná výměna ventilu jako takového. Došlo v něm k poškození membrány a ventil nebyl schopný se pomocí podtlaku otevřít. Ve 13 případech byla zjištěna elektrická závada na elektroinstalaci, elektrickém otvírání ventilu nebo na podtlakovém vedení.





Druhý graf udává četnost poruchy EGR u vozidel, která měla najeto více než 150 000 km. Celkem bylo přijato do opravy 65 vozidel. Lze vidět oproti předchozímu grafu citelný pokles vozidel, u kterých stačilo ventil pouze vyčistit. Naopak došlo k nárustu počtu vozidel, u kterých byla výměna nutná a to na 21 a stejně tak lze vidět nárůst počtu elektrických či jiných závad. Za zvýšení počtu poruch, při kterých bylo nutné ventil vyměnit, se zcela jistě zapříčinilo stárání vozu, kilometrový nájezd a neustálé změny teplot. Z tohoto důvodu došlo k prasknutí membrány u podtlakového ventilu

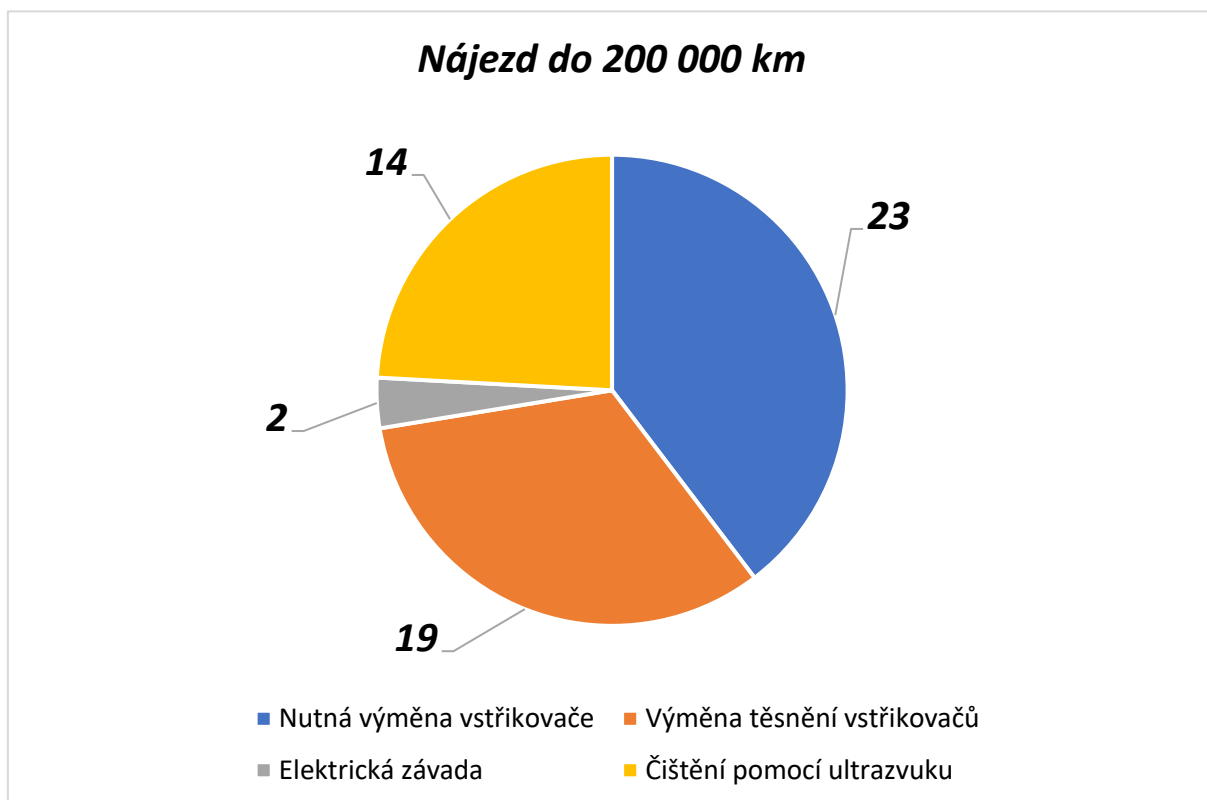


### 5.3 Analýza četnosti poruch na vstřikovacích jednotkách

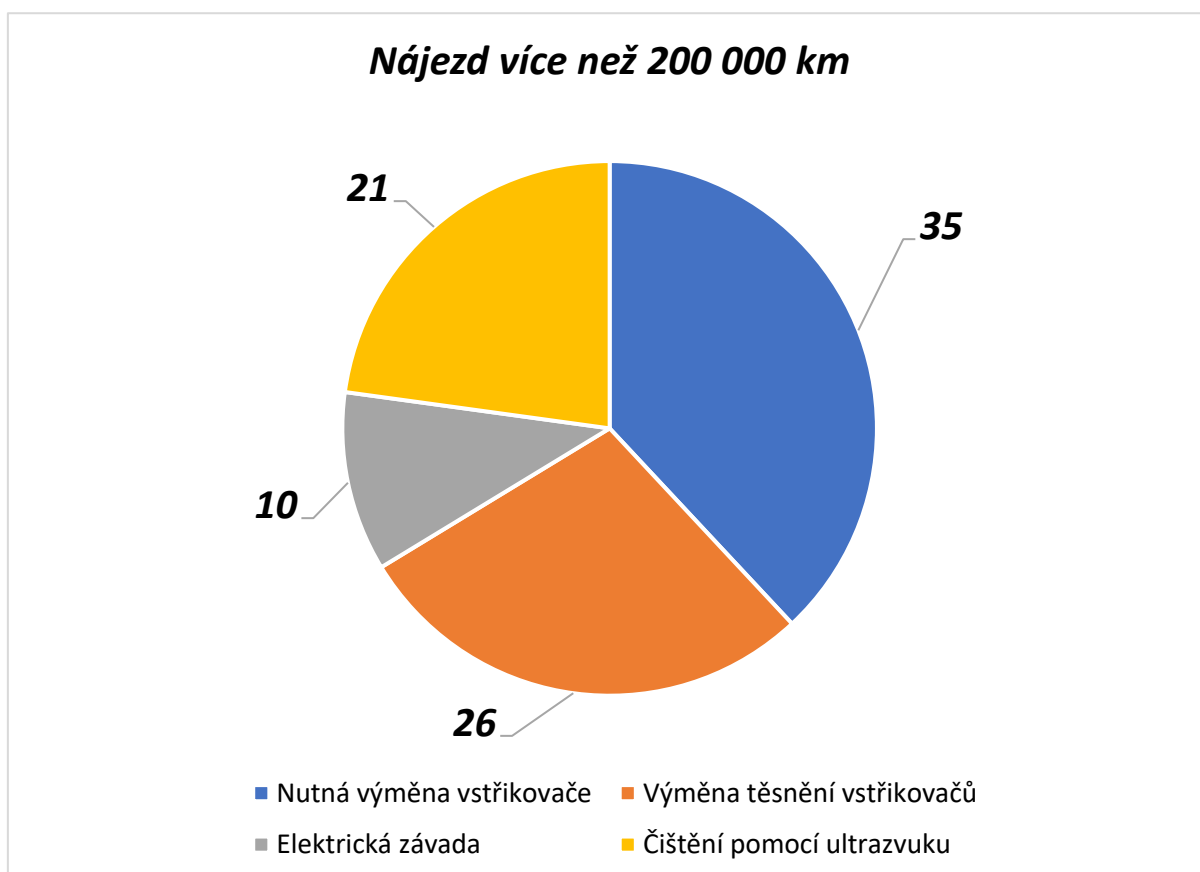
Jedná se o jednu ze závažnějších a nákladnějších poruch spalovacího motoru. Příčin proč k tomu dojde je hned několik. Nejdůležitějším aspektem je kvalita motorové nafty, kterou motor spaluje. Dalším důležitým aspektem je pravidelně vyměňovat palivový filtr, a používat aditiva do motorové nafty. Nejlepší volbou jsou v tomto ohledu aditiva od výrobce VIF. Tato aditiva zabraňují pěnovosti nafty, zvyšují cetanové číslo a čistí palivový systém včetně vstřikovacích jednotek od usazenin. Pokud budeme tato doporučení dodržovat, dáváme vstřikovačům maximální možnou péči, kterou od nás mohou dostat. Samozřejmě dochází k případům, kdy ani toto nepomůže a na některém vstřikovači dojde k poruše. To může být například způsobeno výrobní vadou dané vstřikovací jednotky. Po určité době může dojít k opotřebení těsnících kroužků vstřikovače a následného ředění motorového oleje naftou.

To může mít za následek mnoho dalších závažných závad, protože motorový olej tímto naředěním ztrácí požadované mazací schopnosti a může dojít k přídření kluzných ložisek. U motorů se systémem vstřikování PD se začne závada projevovat zejména dlouhými studenými starty. Ne vždy je však nutná výměna vstřikovače za nový či repasovaný. Ve spoustě případů postačí vyčištění vstřikovačů pomocí ultrazvuku a ty pak získají zpět svou schopnost dokonale rozprášit motorovou naftu. Třetí možností poruchy může být závada na elektroinstalaci vstřikovacích jednotek. To bývá zpravidla způsobeno oxidací jednoho či více ISO kontaktů nebo jinak poškozené elektroinstalace.

Na prvním grafu lze vidět analýzu četnosti poruch jednotlivých poruch vstřikovačů u motorů s nájездem do 200 000 km. V nejvíce případech bylo nutné vyměnit jeden či více vstřikovačů. Celkem bylo takto opraveno 23 vozidel. V 19 případech bylo potřeba vyměnit těsnění na všech vstřikovacích jednotkách, které byly jinak funkční. Třetí nejčastější závadou bylo u vozidel s tímto nájездem zanesení vstřikovačů, kde bylo nutné je vyčistit pomocí ultrazvuku. Přesněji to bylo celkem 14 vozidel. Pouze u dvou vozů byla poškozená elektroinstalace vstřikovacích jednotek.



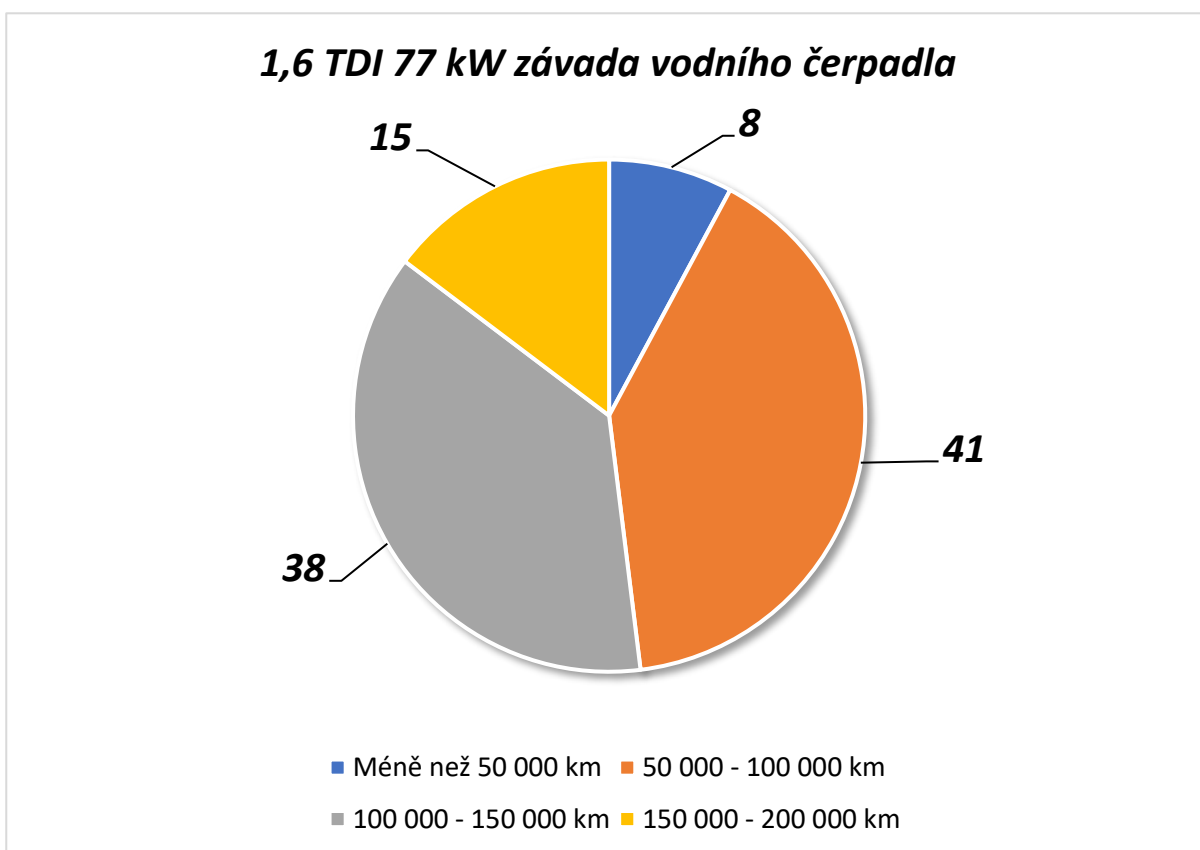
Na druhém grafu je znázorněna analýza četnosti poruch vstřikovacích jednotek u vozidel s kilometrovým nájezdem větším než 200 000 km. Stejně jako u vozidel s nájezdem do 200 000 km je nejčastější porucha na vstřikovači, která si vyžadovala jeho výměnu a to ve 35 případech. Následuje opět nutná výměna těsnění vstřikovačů u 26 vozidel. U 21 vozidel bylo nutné čištění pomocí ultrazvuku a v 10 případech došlo k elektrické závadě.



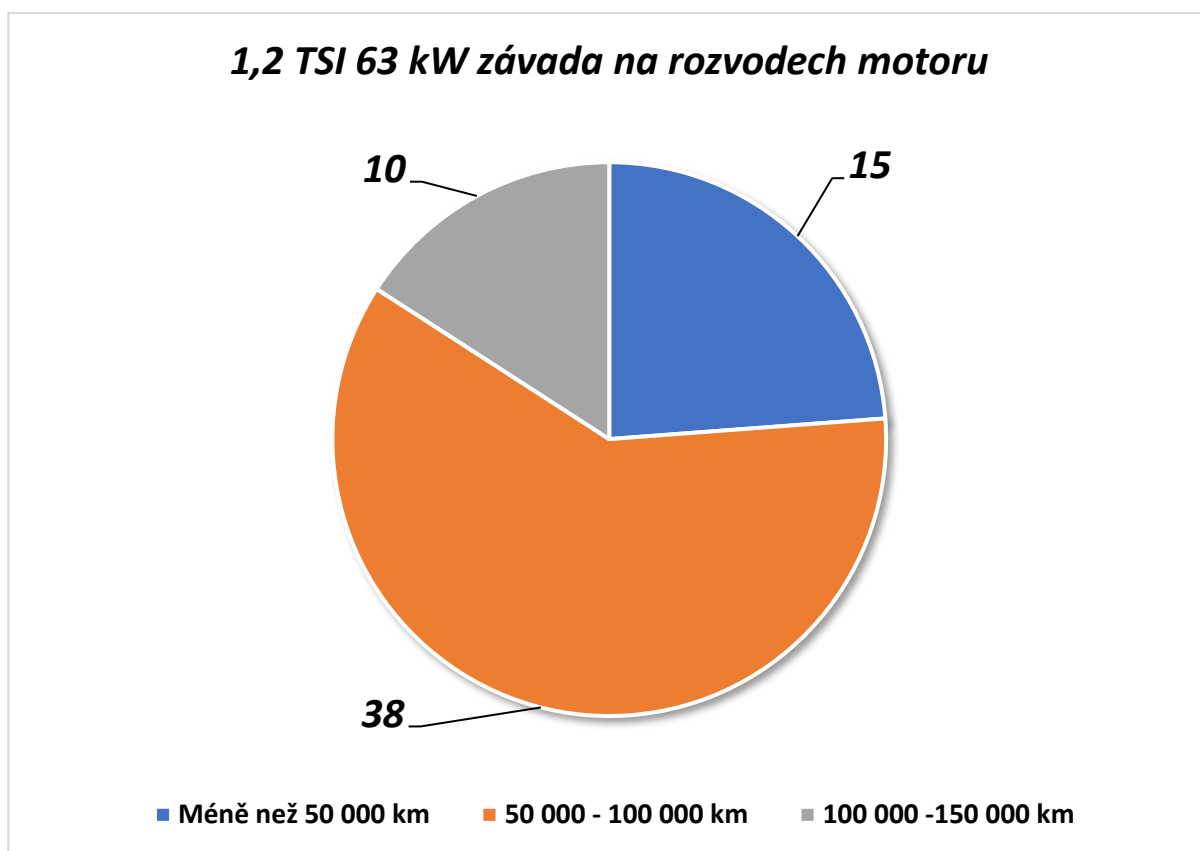
#### 5.4 Analýza četnosti poruch na rozvodech motorů

Závada na rozvodech motorů je jednou z nejzávažnějších poruch, která vůbec může nastat. V nejhorším případě dojde k přetržení rozvodového řemene, v tu chvíli není zabezpečen správný rozvod motoru a dojde k velmi závažnému poškození motoru. Písty se dostanou do horní úvratě v moment, kdy se s největší pravděpodobností otevře jeden z ventilů. Jako další příčinou může být zadření ložiskové kladky a následné opotřebení řemene.

Na prvním grafu vidíme analýzu četnosti závady vodního čerpadla u motoru 1,6 TDI 77 kW. Jak již bylo popsáno v teoretické části, jedná se o závadu v elektrické části vodního čerpadla, která má za úkol podle potřeby vodní čerpadlo zablokovat či odblokovat. Celkem bylo s problémy s vodním čerpadlem přijato do opravy 102 vozidel s tím motorem. Nejčastěji k ní dochází v 50 000 – 100 000 km. Pro toto rozmezí připadá celkem 41 vozidel. Jako druhé nejčastější rozmezí kilometrů je 100 000 – 150 000 km, kde bylo vozidel opravováno celkem 38. Poté už následuje propad o více než 20 aut s kilometrovým nájazdem 150 000 – 200 000 km. A jako poslední bylo opraveno celkem 8 vozidel s kilometrovým nájazdem menším než 50 000 km.



Na druhém grafu je znázorněna analýza četnosti závady na rozvodech motoru 1,2 TSI 63 kW. U tohoto motoru docházelo nejčastěji k přeskočení rozvodů o jeden či více zubů. Na grafu je vidět, že nejvíce vozidel bylo přijato na servis v kilometrovém rozsahu od 50 000 – 100 000 km. Z celkového počtu 63 vozidel s tím motorem, připadá na tento rozsah 38 vozidel což je více než polovina. Všichni zákazníci by splňovali alespoň jednu z podmínek pro výměnu rozvodů buď v rámci garance, anebo s pomocí uhrazení poloviny nákladů automobilkou. Bohužel většina měla vozy starší než 3 roky, a proto neměla nárok na bezplatnou výměnu v rámci garance a nebo o výměnu v autorizovaném servise neměli zájem.

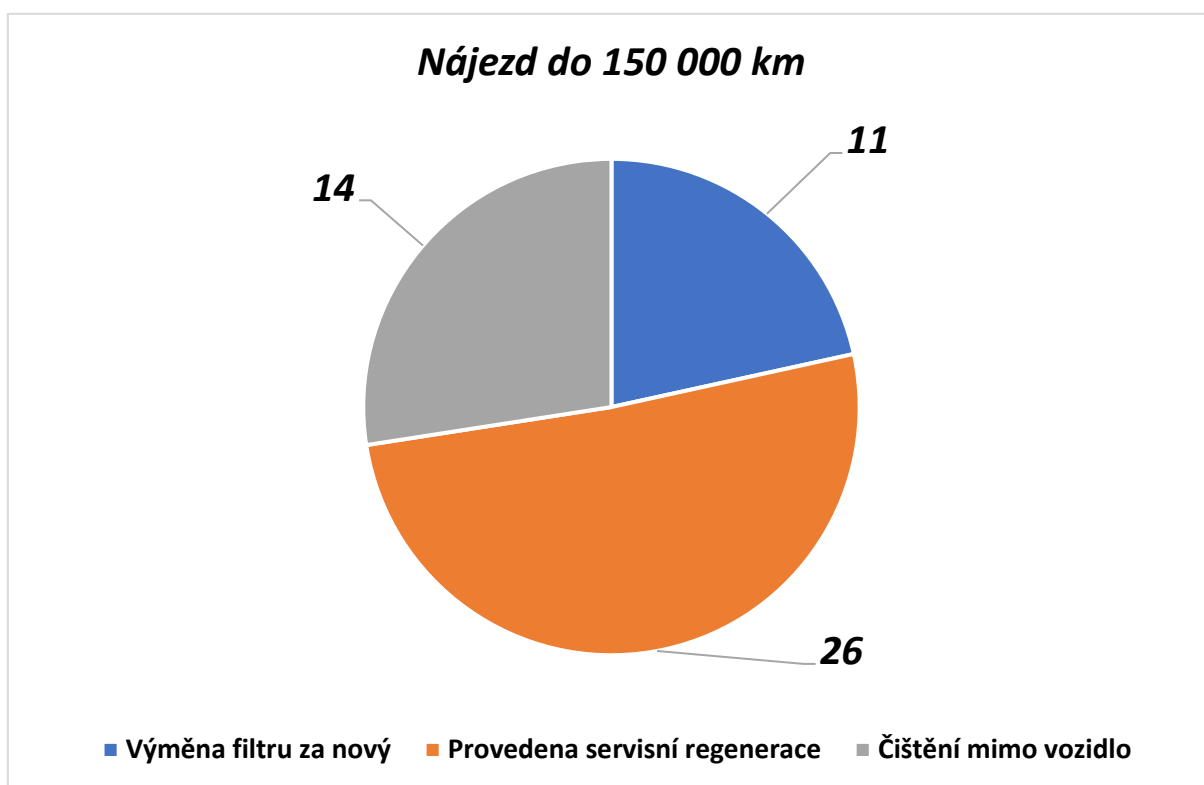


### 5.5 Analýza četnosti závady filtru DPF

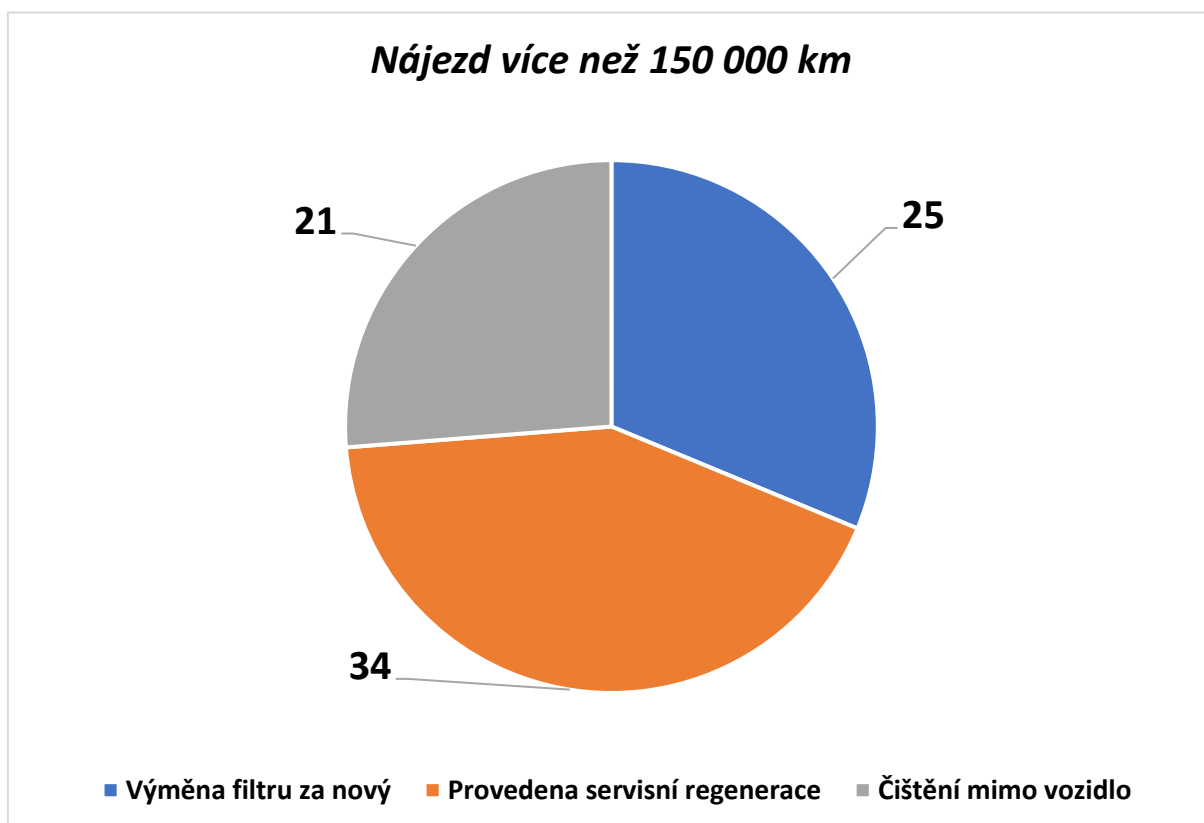
Tato porucha je jednou ze závad, které nejsou tolik závažné, ale v některých případech jsou velice nákladné na opravu. Ukazatelů proč k tomu dojde je hned několik. Jedním z hlavních je provozování vozidla na příliš krátkých trasách, kdy nedojde ke spuštění regenerace. Dalším důvodem může být stále nízká hladina paliva v nádrži, nízká teplota výfukových plynů, jiné poškození filtru. Nejvíce nákladná oprava je výměna filtru za nový.

Jeho pořizovací cena se liší podle typu vozidla a je vysoká z důvodu drahých kovů, ze kterých se skládá. V nabídce náhradních dílů lze objevit i levnější varianty, ale tyto filtry jsou s největší pravděpodobností ochuzeny o drahé kovy nebo nezachycují veškeré pevné částice, které by měly. Pokud je to možné, dá se pomocí speciální technologie filtr vyčistit. V tomto případě je nutné filtr z vozu demontovat a umístit do speciálního stroje pro samotné čištění. Je-li závada řešena ihned po jejím projevení a není dosažena horní hranice nespalitelných sazí, postačí pouze spuštění servisní regenerace.

První graf udává četnost u vozidel s nájezdem kilometrů do 150 000. Nutná výměna byla v 11 případech. Došlo buď k prasknutí filtru nebo jeho propálení. U 26 vozidel byla provedena servisní regenerace filtru přímo na voze. Ve 14 případech byl filtr už zanesen nad maximální možnou hodnotu, a proto bylo nutné jeho čištění pomocí speciální technologie. K této skutečnosti došlo u 14 vozidel.



Druhý graf znázorňuje analýzu četnosti poruchy filtru DPF u vozidel s nájazdem vyšším než 150 000 km. S vyšším kilometrovým nájazdem je spojené i více případů zanesení či jiných poruch tohoto filtru. Bývá to způsobeno častou neznalostí majitelů, jak s vozidlem vybaveným tímto filtrem zacházet a starat se o něj. Ve 34 případech stačila pouhá servisní regenerace. Oproti předchozímu grafu vidíme více než poloviční nárůst počtu nutných výměn filtru DPF. Čištění filtru mimo vozidlo bylo nutné ve 21 případech. Došlo tedy k nárůstu případů o třetinu.



## 6 Výsledky a diskuse

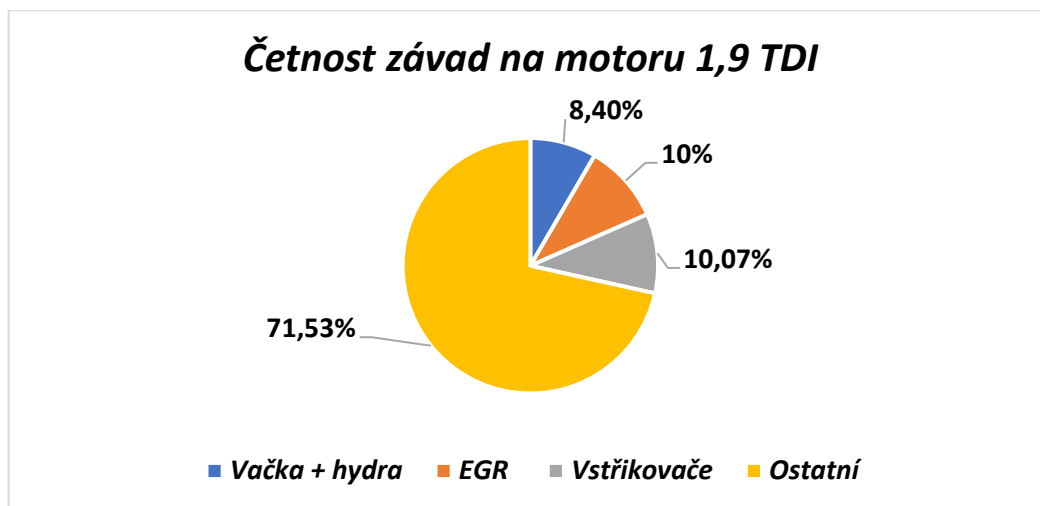
V této diplomové práci byla provedena analýza četnosti vybraných poruch spalovacích motorů. Dle dostupných údajů ze servisu byla zjištěna jejich četnost. Celkem byla provedena analýza na 6 vybraných závadách, které byly pro tuto diplomovou práci zvoleny. Jedná se o závadu na vačkové hřídeli a tím spojenou závadu na hydraulických zdvihátkách, systému EGR, vstřikovačích, rozvodech a filtru pevných částic (DPF).

Vozidel se závadou na vačkové hřídeli a hydraulických zdvihátkách bylo bez ohledu na kilometrový nájezd vozidla přijato celkem 125. V grafickém zobrazení bylo zjištěno, že nejlepší prevencí před touto závadou je včasná pravidelná výměna oleje a používání kvalitního oleje dle norem výrobce vozidla. Celkem bylo ke dni 14.3.2021 přijato do opravy s 1489 vozidel s tímto motorem. Do tohoto čísla nejsou započítány pravidelné servisní prohlídky. Tato porucha tvoří celkem 8,4 % ze všech vozidel, která byla do opravy přijata.

Se závadou na systému EGR bylo ke stejnému dni přijato bez ohledu na kilometrový nájezd 149 vozidel s motorem stejným jako tomu je u vačkových hřídelí. Jelikož se jedná o stejný motor, bylo ke stejnému dni přijato 1489 vozidel. Na tuto závadu má největší vliv styl jízdy. Ve většině případů totiž stačilo daný systém vyčistit. Tato závada tvoří rovných 10 % všech opravovaných vozidel s tímto typem motoru.

Vozidel, která byla přijata do servisu se závadou na vstřikovačích, bylo 150. Toto číslo je součtem všech vozidel ke dni 14.3.2021 bez ohledu na jejich kilometrový nájezd v době jejich poruchy. Na tuto poruchu má největší vliv kvalita motorové nafty a způsob používání vozidla. V největším počtu případů byla nutná výměna jednoho či více vstřikovačů. I tato závada se týká motoru 1,9 TDI. Proto z celkového počtu 1489 aut připadá počet 150 porouchaných vozidel na 10,07 %. Na následujícím grafu lze vidět porovnání s ostatními poruchami.





Závady na rozvodech motorů jsou rozdělené na dvě části. První se týká poruchy na vodních čerpadlech vozidel s motorem 1,6 TDI. Celkem bylo vozidel koncernu Volkswagen s tímto motorem přijato 389. Tento stav je stejně jako u výše zmíněných závad k datu 14.3.2021. V tomto čísle nejsou započítány pravidelné servisní prohlídky. Vozidel, která byla přistavena s touto závadou, je celkem 102. Z celkového počtu pak tato závada tvoří 26,22 %. V porovnání s ostatními závadami jde o velmi velký nárůst. V tomto případě nelze jejímu vzniku nijak zabránit.

Druhá část se týká rozvodového mechanismu u motorů 1,2 TSI. Celkem bylo přijato do servisu 354 vozidel s tímto motorem. Tyto motory byly na rozvodové řetězy velice náchylné, velmi často docházelo k přeskočení o jeden či více zubů. Celkový počet přijatých vozidel se závadou na rozvodech je 63. Tento počet tvoří 17,79 % z celkového počtu přijatých vozidel. U většiny vozidel stačila výměna za inovované rozvodové sady.

Jako poslední závada, která byla pro tuto diplomovou práci zvolena, je porucha na DPF filtru. Pro většinu majitelů to bylo něco nového a nevěděli, jak mají s vozidlem, které je vybaveno tímto filtrem zacházet. Proto byla ve většině případů provedena pouze servisní regenerace a majitelé byli seznámeni, jak s vozidlem zacházet. Celkový počet přijatých vozidel se závadou na filtru pevných částic je 131. Počet celkem přijatých vozidel, která byla tímto filtrem vybavena je 897. V přepočtu na procenta tvoří tato závada celkem 14,6 % ze všech vozidel, která byla do opravy přijata a vybavena tímto filtrem.

## 7 Závěr

Hlavním cílem mé diplomové práce byla analýza četnosti vybraných poruch spalovacích motorů. V první části práce jsem se zaměřil na historii vývoje spalovacího motoru a jeho základní princip činnosti, který jsem ve stručnosti popsal. Detailněji jsem popsal historii, vývoj a princip činnosti vznětového přeplňovaného motoru o objemu 1,9 dm<sup>3</sup>. U tohoto motoru nastaly 3 mnou vybrané závady, a proto jsem se na něj více zaměřil.

V návaznosti na výše definovaný motor jsem navázal s popisem, znaky a postupem opravy závady na vačkové hřídeli a hydraulických zdvihátkách. Zmínil jsem i další příčiny, které mohly mít za následek vznik této závady. Jako další závadu, kterou jsem popsal, byla závada na systému EGR. Nejprve jsem provedl popis systému, poté popsal projevování závady a následně její opravu. Třetí a poslední závadou výše zmíněného motoru je závada na vstříkovačích. Stejně jako u výše zmíněných jsem nejprve definoval vstříkovací jednotky a poté popsal projevování závady na nich a následně její odstranění.

Následující závady, které byly popsány, se již týkaly jiných motorů a zaměřil jsem se více na popis daného systému, u kterého došlo k poruše. Současně jsem definoval projevování daných závad a jejich odstranění. Konkrétně se jedná o poruchy na rozvodech motorů 1,6 TDI a 1,2 TSI. Jako poslední poruchu, kterou jsem v mé práci zmínil, je porucha DPF filtru. U toho filtru jsem detailněji popsal principy jeho regenerace a za jakých podmínek je možné regeneraci provést.

V poslední části mé diplomové práce jsem provedl grafickou analýzu četnosti výše definovaných poruch na základě dostupných údajů, které jsem obdržel od vybraného servisu. U většiny závad byla provedena analýza četnosti podle stavu najetých kilometrů. Dle mého názoru po zpracování dostupných dat záleží ve většině případů na tom, jak se k danému vozidlu člověk, co ho užívá chová. Pokud bude vozidlo dostávat pravidelnou údržbu, kterou vyžaduje, tak porucha nemusí vůbec nastat anebo ji určitě o pár desítek tisíc kilometrů oddálí. Samozřejmě jsou i závady, které nastanou bez ohledu na péči, které vozidlo dostává. Příkladem tomu je rozvodový mechanismus u motoru 1,2 TSI či vodní čerpadla u motoru 1,6 TDI. Myslím si, že je lepší investovat více do pravidelnější údržby, kde částky nejsou tak vysoké, než sice nějaké finance ušetřit, ale potom je muset investovat do opravy poruchy, která nastane.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Počet aut ve světě* [online]. ČR: Euro.cz, 2016 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/light/pruzkum-pocet-aut-ve-svete-se-do-roku-2040-zdvojnaso-bi-1287909>
- [2] LAFFERTY, Peter. *Top gear : the history of automobiles*. 1. New York: F.Watts, 1990. ISBN 0531140385.
- [3] ECKERMANN, Erik. *World History of the Automobile*. 1. Německo: Premiere Series Bks, 2001, 371 s. ISBN 978-0-7680-0800-5.
- [4] *Who invented the automobile?* [online]. Los Angeles: General Publishing Group, 2020 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20210201211947/https://www.loc.gov/everyday-mysteries/item/who-invented-the-automobile/>
- [5] JAFFE, Robert L. a Washington TAYLOR. *Physics of Energy*. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 2018, 874 s. ISBN 978-1-107-01665-1.
- [6] *Internal Combustion Engine* [online]. Washington: Vehicle Technologies Office, 2013 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/internal-combustion-engine-basics>
- [7] *TDI* [online]. Německo: Autodoc Blog, 2010 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/info/tdi>
- [8] Autodoc CZ. *TDI motory* [online]. 2015, 1(1), 1 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/info/tdi>
- [9] *TDI* [online]. Německo: Volkswagen, 2009 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.co.uk/technology/engines/diesel/tdi>
- [10] *The Science and Benefits Behind Volkswagen TDI* [online]. USA: Auto Simple, 2019 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.autosimple.com/blog/volkswagen-turbocharged-direct-injection-tdi-engine-technology/>
- [11] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jan JETMAR. *Automobily*. 9. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o., 2019. ISBN 978-80-87143-43-8.
- [12] *Vačková hřídel* [online]. ČR: Schaeffler, 2015 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: [https://www.rexpert.cz/cs/GarageTips/cmsitem\\_00111037](https://www.rexpert.cz/cs/GarageTips/cmsitem_00111037)

- [13] *Camshaft* [online]. USA: My turbo diesel, 2015 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.myturbodyesel.com/threads/1-9-tdi-camshaft-replacement-tdi.27428/>
- [14] POŠTA, Josef. *Oprávenství a diagnostika III*. 3. vyd. ČR: INFORMATORIUM, spol. s r.o., 2010. ISBN 978-80-7333-073-6.
- [15] My turbo diesel. *Camshaft* [online]. 2011, 1(1), 5 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.myturbodyesel.com/threads/1-9-tdi-camshaft-replacement-tdi.27428/>
- [16] *PD motory – hrníčkové zdvihátka a vymezení vůle ventilů* [online]. ČR: KS Motor, 2009 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.vackovesady.cz/pd-motory-hrnickove-zdvihatko-a-vymezeni-vule-ventilu/>
- [17] *Hydraulická zdvihátka příčiny a důsledky jejich poškození* [online]. ČR: KS Motor, 2011 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.vackovesady.cz/hydraulicka-zdvihatka-priciny-a-dusledky-jejich-poskozeni/i/>
- [18] *Závady systému EGR* [online]. ČR: SuperVAG, 2011 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://sites.google.com/view/octavia-ii-egr/octavia-ii-egr>
- [19] *Systém recirkulace spalin EGR* [online]. ČR: Auto.cz, 2017 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/system-recirkulace-spalin-egr-strasak-modernich-motoru-a-vsechny-jeho-zavady-111938>
- [20] PILÁRIK, Milan a Jiří PABST. *Automobily: pro obor vzdělání Automechanik*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-104-7.
- [21] PILÁRIK, Milan a Jiří PABST. *Automobily: pro obor vzdělání Automechanik*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-100-9.
- [22] *Dílenská příručka* [online]. ČR: Škoda auto a.s., 2014 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://octaviaclub.cz/dilenska-prirucka/>
- [23] MAZAL, Mirek. *Motory TSI*. *Autoforum.cz* [online]. ČR: Auto bild, 2019 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/zivot-ridice/motory-tsi-skody-nebo-vw-dal-nici-problemy-s-rozvody-pozor-je-treba-dat-hlavne-v-bazarech/>
- [24] *Diesel particulate filters* [online]. USA: Universal Technical Institute, 2016 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.uti.edu/blog/diesel/diesel-particulate-filters>

- [25] *Filtr pevných částic dieselů* [online]. ČR: Petr Miler, 2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/zivot-ridice/filtry-pevnych-castic-dieselu-si-lide-obvykle-nici-sami-vetsine-problemu-lze-predejit/>
- [26] *Regenerace filtru částic* [online]. ČR: VIS, 2017 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://diagnostics.vis4vag.com/cs/motory/diesel/edc-17-uds-obecne/regenerace-filtru-pevnych-castic-behem-stani>
- [27] *Postup opravy závady EGR u motoru TDI PD* [online]. ČR: SuperVAG, 2010 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <http://spvg-wiki.com/diagnostika/rady-tipy-nejnovejsi-prispevky/postup-opravy-zavady-egr-u-motoru-tdi-pd/>