

# **Degradace převodového oleje u osobních automobilů s automatickou převodovkou**

**Diplomová práce**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.**

**Vypracoval:**

**Bc. Luboš Richtárik**

**Brno 2017**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Degradace převodového oleje u osobních automobilů s automatickou převodovkou**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 6. 5. 2017

## PODĚKOVÁNÍ:

Dovoluji si tímto poděkovat Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D., za jeho odborné vedení při vypracování diplomové práce, za poskytnutí cenný rad a odborných informací k mojí práci.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je popsat vlastnosti, funkce a použití převodových olejů pro automatické převodovky osobních automobilů, zjistit pomocí vybraných metod a analýz jejich degradaci. Jedná se zejména o viskozitu a obsah otěrových kovů z několika vzorků v závislosti na počtu ujetých kilometrů.

V praktické části poté určit pomocí atomové emisní spektrometrie, hustoměru a viskozimetru stav odebraných vzorků v porovnání s novým mazivem. Jednotlivé vzorky zanést do grafu a provést diskuzi o výsledcích testování.

## **Klíčová slova**

Automatická převodovka, převodový olej, viskozita, ZF 6HP19Z, výměna oleje v automatické převodovce, degradace hydraulického oleje

## **Abstract**

The aim of this work is to describe the features, functions and use of gear oils for automatic gearbox cars, determined using the selected methods and analyzes their degradation. In particular, viscosity and content of wear metals from several samples depending on mileage.

In the practical part, determine the state of the collected samples using the atomic emission spectrometry, hydrometer and viscometer compared to the new lubricant. Put the individual samples on the chart and discuss the test results.

## **Keywords**

Automatic transmission, gear oil, viscosity, ZF 6HP19Z, change the oil in the automatic transmission, hydraulic oil degradation

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
1.1	Cíle teoretické části práce .....	11
1.2	Cíle praktické části práce .....	11
<b>2</b>	<b>Materiál a metodika zpracování</b>	<b>12</b>
2.1	Materiál a metodika zpracování teoretické části práce.....	12
2.2	Materiál a metodika zpracování praktické části práce .....	12
<b>3</b>	<b>Automatická převodovka ZF 6HP19</b>	<b>13</b>
3.1	Výrobce ZF Friedrichshafen AG .....	13
4.2	Popis funkce automatické převodovky.....	13
4.3	Šestistupňová automatická převodovka ZF 6HP19.....	15
4.4	Konstrukce automatické převodovky ZF 6HP19 .....	18
4.5	Schematické zobrazení řízení ZF 6HP19.....	20
4.6	Výměna oleje a filtru v automatické převodovce .....	21
4.7	Kovy obsažené v automatické převodovce .....	23
	<b>Typické poruchy automatických převodovek.</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Výrobní procesy hydraulického oleje</b>	<b>29</b>
5.1	Složení oleje.....	29
5.2	Základní charakteristika olejů .....	30
5.2.1	Viskozita kapaliny .....	30
5.2.2	Dynamická viskozita .....	31
5.2.3	Kinematická viskozita.....	31
5.2.4	Stlačitelnost kapaliny.....	31
5.2.5	Hustota kapaliny .....	31
5.2.6	Mazací schopnost .....	32

---

5.2.7	ATF oleje .....	33
5.2.8	Vlastnosti oleje ZF Lifeguardfluid 6 .....	34
<b>7</b>	<b>Tribotechnická diagnostika oleje</b>	<b>36</b>
7.1	Druhy analýz .....	37
7.2	Spektrometrie.....	37
7.3	Monitoring částic.....	38
7.4	Teplotní závislost dynamické viskozity.....	38
7.5	Smykové tření v mazivu .....	39
7.6	Atomová emisní spektrometrie (AES) .....	40
<b>8</b>	<b>Materiály a metodika</b>	<b>42</b>
8.1	Polovodičový spektrometr SPECTROIL Q100.....	42
8.2	Rotační viskozimetr DV-3P .....	43
8.3	Digitální hustoměr Densito 30PX.....	45
8.4	Použitý převodový olej .....	46
8.5	Testovaná vozidla .....	47
8.6	Odběr testovacích vzorků .....	49
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuze</b>	<b>50</b>
6.1	Atomová emisní spektrometrie.....	50
6.2	Naměřené hodnoty viskozity, hustoty a smykového napětí .....	52
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>57</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1	Lamelové spojky automatické převodovky .....	14
Obr. 2	Volící páka automatické převodovky Bmw .....	15
Obr. 3	Automatická převodovka ZF 6HP19 .....	16
Obr. 4	Mechatronika ZF 6HP19 .....	17
Obr. 5	Schéma ZF 6HP19 .....	18
Obr. 6	Schéma komunikace s řídicí jednotkou převodovky .....	20
Obr. 7	Olejová vana s filtrem 6HP19 ZF .....	21
Obr. 8	Plnička automatických převodovek GV ATF003 .....	22
Obr. 9	Kompletní kit na výměnu oleje ZF .....	23
Obr. 10	Obsah látek v hydraulickém oleji .....	30
Obr. 11	Graf změn viskozity s rostoucí teplotou .....	31
Obr. 12	Viskozita a teplota .....	32
Obr. 13	Magnet zachycující pevné částice v olejové vaně .....	33
Obr. 14	Celkový pohled na olejovou vanu po demontáži z vozu .....	34
Obr. 15	Převodový olej ZF Lifeguard 6 .....	35
Obr. 16	Vypouštění oleje při odběru vzorků .....	35
Obr. 17	Vzájemné vazby v tribologickém systému .....	36
Obr. 18	Model zpětného toku maziva .....	40
Obr. 19	AES .....	41
Obr. 20	ICP-AES .....	41
Obr. 21	Spectroil Q100 .....	43
Obr. 22	Anton Paar DV-3P .....	45
Obr. 23	Digitální hustoměr Densito 30 PX .....	46
Obr. 24	Bmw 320d E90 .....	47
Obr. 25	Bmw 320d, E91 .....	48
Obr. 26	Bmw 320d, E92 Coupe .....	48
Obr. 27	Bosch KTS 540 .....	49
Obr. 28	Naměřené hodnoty konstrukčních kovů v převodovém oleji .....	51
Obr. 29	Naměřené hodnoty viskozity, hustoty a smykového napětí .....	52



## Seznam tabulek

Tab. 1	Typické poruchy automatických převodovek .....	23 - 27
Tab. 2	Směrodatná odchylka .....	53

# 1 Úvod

Výměna oleje v automatické převodovce je často vyhledávaný úkon v auto-servisech z pozice zákazníka, nicméně ještě nedávno byla označována jako nesmyslná a to i díky výrobcům automobilů. Často bylo možné u výpusti oleje přečíst štítek s nápisy NO CHANGE, LIFETIME OIL. Výrobce nás však neuvádí v omyl, protože životnost vozidla končí uplynutím záruční lhůty. Ideální stav je však z pohledu výrobce takový, že automobil je běžnou spotřební věcí, bude sloužit několik let bez problémů, po uplynutí záruky si zákazník nechá vůz zlikvidovat a přijde pro nový. Ale už jen z logického pohledu je nevyhnutelné olej v takto zatěžovaném systému jako je automatická převodovka měnit. Navíc je velmi citlivá na celkovou čistotu olejové náplně, dokonce náročnější než samotná pohonná jednotka - spalovací motor.

V každém takovém sofistikovaném zařízení dochází k opotřebením jednotlivých dílů, dochází k degradaci oleje vlivem neustále se měnících teplot, dále jsou zde situace, kdy je vůz zatěžován převážně v městském provozu, případně je motor upraven na vyšší výkon pomocí chiptuningu, využívá se k tažení přívěsných zařízení na odtah vozidel, tím je převodovka ještě více zatěžována.

Pouhým pohledem na vyjetý olej z převodovky nám kromě zápachu a barvy nic neřekne, důležitější je, jaké má olej v porovnání s novým vlastnosti, zejména viskozitu za určité teploty, obsah otěrových částí, případně na jakém místě agregátu dochází k největšímu opotřebením. Proto je potřebné se na problematiku podívat více vědecky za pomocí moderních a dostupných metod tribologie.

# 1 Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je popsat problematiku výroby převodových olejů, zejména hydraulických pro automatické převodovky, jejich vlastnosti a funkce. Popsat automatickou převodovku, její součásti, funkci a vlivy, které ovlivňují její životnost. Z odebraných vzorků, které jsou seřazeny dle počtu najetých kilometrů, analyzovat pevné otěrové částice, popsat z jaké části převodovky pocházejí, porovnat viskosní vlastnosti oleje s prvotní náplní od výrobce.

## 1.1 Cíle teoretické části práce

Vytvořit rešerši o vlastnostech, výrobě a funkci převodových olejů, vybrat vhodné metody a analýzy pro stanovení degradace.

## 1.2 Cíle praktické části práce

V praktické části za pomoci dostupných laboratorních metod provést zkoušku viskozity upotřebených olejů, zjistit obsah otěrových kovů a přiřadit je k jednotlivým částem převodovky. Všechny vzorky jsou ze stejného typu automatické převodovky a typu vozidla, každý vzorek má však jiný počet najetých kilometrů s prvotní náplní.

## **2 Materiál a metodika zpracování**

### **2.1 Materiál a metodika zpracování teoretické části práce**

Pro teoretickou část diplomové práce bylo využito zejména zakoupené, nebo vypůjčené literatury, dále materiál získaný přímo od výrobce ZF, internetových zdrojů a také z přednášek odborných předmětů za předešlá léta studia.

### **2.2 Materiál a metodika zpracování praktické části práce**

Pro praktickou část diplomové práce bylo použito upotřebených vzorků olejů získaných vlastními výměnami. Jednalo se o vozidla, kde byla výměna provedena poprvé v různých nájezdech kilometrů. Ke srovnání byl použitý originální olej ZF Lifeguard 6. Jednotlivé výměny byly pouze na vozidlech Bmw s automatickou převodovkou, která má označení ZF 6HP19, u jednoho vozidla byla opatřena systémem pohonu všech kol xDrive. Ostatní vozidla byly výhradně se zadním náhonem.

Každá výměna byla prováděna automatickou plničkou GV ATF003, která umožňuje přesné vyčištění a následné plnění předepsaného množství. Před samotným servisním úkonem bylo vedení vyčištěno, aby nedošlo ke kontaminaci vypouštěného oleje, pro jednotlivé vzorky se použilo čistých nádob s označením vozidla a počtu najetých kilometrů.

Bylo využito přístrojů a to konkrétně Spektrometru Spectroil Q100 na Univerzitě obrany v Brně, dále rotačního viskozimetru DV-3P (výrobce Anton Paar, Rakousko) s adaptérem pro měření malých vzorků a standardizovaným vřetenem TR8, otáčky 200rpm (1861/s) a digitálního hustoměru Densito 30PX (výrobce Merrler Toledo, USA).

## **3 Automatická převodovka ZF 6HP19**

### **3.1 Výrobce ZF Friedrichshafen AG**

6HP19 je automatická převodovka vyráběná společností ZF Friedrichshafen AG, která patří mezi světovou špičku, byla založena v roce 1915 a je přezdívána v překladu jako "továrna na ozubená kola". Dnešní podoba koncernu s ročním obrátem 12 miliard Eur, zaměstnává více než 55000 zaměstnanců v 25 zemích světa. Výrobky ZF jsou prakticky všude, v osobních, nákladních vozidlech, vlacích, helikoptérách, apod.

### **4.2 Popis funkce automatické převodovky**

Automatická převodovka, stejně jako manuální musí splňovat základní činnosti, jako například změnu přenášeného točivého momentu, jeho dočasné přerušování (neutrál), změnu smyslu otáčení kol hnací nápravy (zpětný chod). Hlavním smyslem moderních automatických převodovek je docílení optimálního využití točivého momentu spalovacího motoru v celém spektru otáček a následného snížení spotřeby paliva. Vozidlo je při jízdě ovlivňováno několika fyzikálními vlivy, jako je odpor vzduchu, odpor valení, tíha vozidla, odpor vlivem stoupání při jízdě do kopce, apod.

U automatické převodovky dochází ke změně převodového poměru plynule v zatížení, je tím eliminována ztráta točivého momentu. V případě ZF 6HP19 je konstrukčně řešena z hydrodynamického měniče, kde jeho čerpadlové kolo je spojeno se setrvačnickem spalovacího motoru a turbínové kolo s hnaným hřídelem převodovky. Obě části jsou uzavřeny v ocelovém obalu a zality hydraulickým olejem. Hydrodynamický měnič, respektive jeho turbínová část je nasazena na vstupní hřídel, dále je spojena s hnaným hřídelem a planetovým soukolím, řadícím ústrojím, které je konstruováno z lamelových spojek a třecích brzd, ty v provozu spínají jednotlivé části planetového převodu - tím dochází k řazení jednotlivých převodových stupňů. Celý mechanismus ovládá mechatronika s hydraulickými ventily, ty poté ovládají jak třecí brzdy, tak zmiňované lamelové spojky. Mechatronika je popsána níže, lze si ji představit jako dlouhý labyrint, kde skrze cesty proudí pod tlakem hydraulický olej.



Obr. 1 Lamelové spojky automatické převodovky

Zdroj: [www.kaps.cz](http://www.kaps.cz), 2017

Řazení tedy probíhá za působení třecích brzd a lamelových spojek viz obrázek 1, tím lze ovládat jednotlivá kola a satelity planetového mechanismu a tím pádem převodového poměru. V případě uložení dvou planetových soukolí za sebou dosáhneme určitého množství převodových stupňů. K rozvodu tlakového oleje je využíváno olejového čerpadla, které je ovládáno přes vstupní hřídel a to otáčkami od motoru vozidla. Celý systém je poté ovládán přes ECU automatické převodovky a řidičem přes řadicí páku následujícími pokyny:

- P - Park – jde o parkovací polohu, aktivuje se zařazení parkovací západky na hnacím (výstupním) hřídeli převodovky. Tím je vozidlo při parkování zajištěno proti pohybu.
- R - Reverse – poloha voliče pro jízdu vzad (zpátečka), převodovka změní směr otáčení hnaného (výstupního) hřídele na opačnou stranu s potřebným převodovým poměrem.
- N - Neutrál - používá se k přerušení činnosti převodovky, převodovka nepřenáší otáčivý pohyb klikového hřídele motoru na hnaný hřídel převodovky. Používá se například při stání v koloně se zapnutým motorem.

- D - Drive – poloha voliče pro jízdu vpřed, po nastavení voliče do této polohy se vozidlo začne plynule rozjíždět a na základě rychlosti jízdy a zatížení motoru dochází k samočinnému řazení rychlostních stupňů.
- Je možné volič přestavit doleva a tím spustit funkci S (sport), kdy převodovka řadí ve vyšších otáčkách, v této fázi je také k dispozici sekvenční řazení, kdy směrem nahoru řadíme o stupeň níž a dolů nahoru. Viz foto č. 3.



Obr. 2 Volící páka automatické převodovky Bmw

Zdroj: Vlastní, 2017

### 4.3 Šestistupňová automatická převodovka ZF 6HP19

jedná se o typ odvozený od 6HP26, která byla uvedena na trh v roce 2000 pro vozidla Bmw X5, modernizovaný typ 6HP19 se začal dodávat do vozidel Bmw pro modely zejména E90, E91, E92 a E93, X3 od roku 2005, je konstruována na menší točivý moment a to maximálně 450 Nm.



Obr. 3 Automatická převodovka ZF 6HP19, 2017

Zdroj: <http://zf.com>

Jedná se o první model s rozsahem mechanické transformace přesahující číslo 6, využívá se zde princip konstrukce planetových soukolí vypracovaných inženýrem Lepelletier, tj. jednoduché soukolí místo dvojitého planetového soukolí Ravigneaux, díky kterému lze dostat do šesti rychlostních stupňů předního chodu a jednoho zpětného prostřednictvím použití tří spojkových setů a dvou brzdových setů.

V této verzi je i nová adaptivní metoda řazení, respektive jejího zpětného řízení. Elektronická řídicí jednotka je umístěna vně skříně společně s hydroměničem tvoří jeden uzel - mechatroniku, ta dostává potřebné údaje z patřičných snímačů, tj. frekvence otáčení hnacího a hnaného hřídele. Podle aktuálních požadavků určuje časy přívodu oleje k třecím spojkám, tím je dosažena hladká práce převodovky bez prokluzování. Jednoduše můžeme říci, že zde probíhají tři časy - přívod oleje k diskům, jejich uzamčení a držení.

Při první jízdě dochází k adaptaci hydroměniče na styl jízdy a v dalších fázích užívání automobilu jsou adaptační hodnoty uloženy v řídicí jednotce, dále převodovka také koriguje dle jejího aktuálního sta těchto spojek a zatížení převodovky. Můžeme říct, že řídicí jednotka stále monitoruje jakým způsobem se s vozidlem



jezdí. Řazení rychlostních stupňů musí fungovat funkcí překrývání, to znamená, že pokud se jedna rychlost lehce rozpojuje, druhá se naopak začíná spojovat. Kvůli redukci emisí je zde využíváno méně produktivního olejového čerpadla, neboť část selenoidů reguluje tlak oleje na principu uzavírání okruhu, přívod tlaku k jednotlivým spojkám je odvozen od zatížení a dochází téměř k prokluzu, jakmile k nějakému dochází, hydroměnič navýší tlak oleje. Jsou tak sníženy ztráty tlaku při jeho práci, k uzamykání dochází již od prvního stupně a je plně regulovatelné. Dle inženýrů ze ZF došlo tímto ke snížení spotřeby o 0,01%.



Obr. 4 Mechatronika ZF 6HP19, 2017

Zdroj: <http://thectsc.com/catalog/6hp19/21>

Jsou tak sníženy ztráty tlaku při jeho práci, k uzamykání dochází již od prvního stupně a je plně regulovatelné. Tím došlo tímto ke snížení spotřeby o 0,01%.

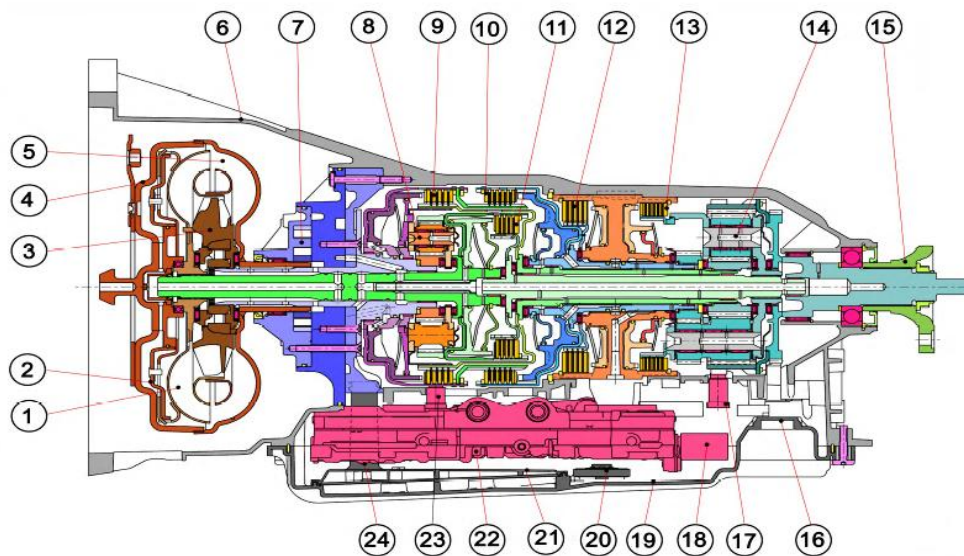
#### **Jednotlivé komponenty:**

- hydrodynamický měnič momentu s přemostovací spojkou
- 1 planetové soukolí typu 2k + r
- 1 planetové soukolí typu Lepelletier
- 2 lamelové brzdy
- 3 lamelové spojky

#### **Významné prvky:**

- koncept převodů dle patentu Lepelletier
- inovovaný design, inovace pro pohon zadních kol a xDrive
- aplikace do motorizací s rozličnými výkony
- snížená hmotnost, méně komponentů až o 28%
- namísto ocelové olejové vany plastová s integrovaným filtrem

- řídicí jednotka TCU integrována přímo v tělese převodovky
- elektronicky snímána poloha voliče režimu



Obr. 5 Schéma ZF 6HP19

Zdroj: ZF Getriebe GmbH Functional description 6HP19, 2017

#### 4.4 Konstrukce automatické převodovky ZF 6HP19

##### Hydrodynamický měnič:

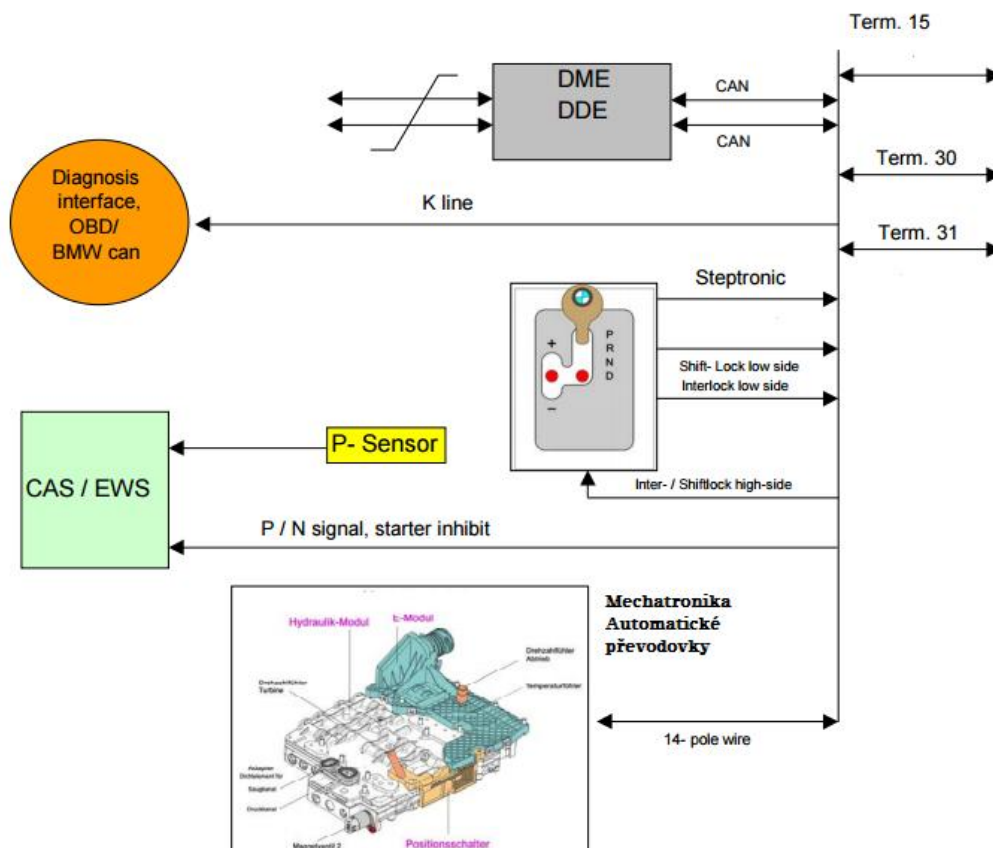
1. Turbínové kolo
2. Konvertor se uzamykacím prvkem
3. Stator
4. Kryt konvertoru
5. Čerpadlo

##### Pracovní část převodovky:

6. Obal automatické převodovky
7. Olejové čerpadlo
8. Přední skupina planetových ozubení

9. Spojka "A"
10. Spojka "B"
11. Spojka "E"
12. Brzda "C"
13. Brzda "D"
14. Zadní dvojitá skupina planetových ozubení
15. Výstupní příruba
16. Zátka olejového filtru
17. Snímač výstupní rychlosti
18. Tlakové regulační ventily
19. Plastová olejová vana
20. Magnet
21. Olejový filtr
22. Mechatronika
23. Snímač rychlosti turbínového kola
24. Sací potrubí od olejového filtru

## 4.5 Schematické zobrazení řízení ZF 6HP19



Obr. 6 Schéma komunikace s řídicí jednotkou převodovky, 2017  
Zdroj: ZF Getriebe GmbH Functional description 6HP19

Řídicí jednotky vozidla jsou propojeny přes komunikační sběrnici CAN, dále si zde jednotka automatické převodovky zjišťuje aktuální informace ze všech potřebných snímačů a dle toho je určen například převodový stupeň. V samotné převodovce dochází ke komunikaci skrze 14 pólové, 2 pólové a 3 pólové vedení, dále je zde vyčíst paměť závad pomocí K linky. Jde o velmi sofistikovaný systém, který pracuje za velmi extrémních podmínek, prudkých změn teplot, nároků na neustálý výkon a přesné řazení. Aby vše bez problémů pracovalo, je nutné o toto zařízení pečovat zejména pravidelnými výměnami oleje a filtru. Díly by měly být voleny přesně dle specifikace výrobce a prováděny přesně, jak je stanoveno v servisní příručce a s potřebnými přípravky. Jakákoliv

chyba může mít velmi fatální následky, které budou stát nemalé peněžní prostředky k její nápravě.

## 4.6 Výměna oleje a filtru v automatické převodovce

Jak již bylo zmíněno, řada výrobců uvádí na svých komponentech LIFETIME OIL, NO CHAGE, apod., také není možné najít v servisních příručkách autorizovaných servisů údaje o intervalu výměny oleje. Nicméně je všeobecně doporučeno výměnu provádět při náročných provozech (časté tažení vozidel, přívěsných vozidel, městský provoz) po 40 000 km, v případě standartního používání 60 000 km. Tímto se odkazují i autorizované opravny automatických převodovek a většina výrobců jejich komponentů a maziv.

U modelu 6HP19 se provádí výměna oleje společně s demontáží plastové vany, ve které je nalisován filtr a umístěny dva magnetické kroužky, které slouží jako záchytný bod kovových otěrů, které vznikají při provozním užívání.



Obr. 7 Olejová vana s filtrem 6HP19 ZF, 2017

Zdroj: <http://www.zf.com>

Celkové množství náplně v této převodovce je 9,5 litrů hydraulického oleje ZF Lifeguard 6, po otevření vypouštěcí zátky je však možné dostat ven pouze 5 - 5,5 litru hydraulického oleje a zbytek zůstane v olejovém vedení, hydroměniči, výměníku, atd. Aby bylo možné výměnu provést kompletní, je nutné použití plničky automatických převodovek. Toto zařízení je ve většině případů plně automatické, řízené mikroprocesorem s funkcí proplachu. Vždy je nutné použít větší množství oleje, aby došlo ke kvalitnímu propláchnutí celého ústrojí. Olej se plní při teplotě 30 - 35 st. Celsia. Jen takovým

způsobem je zaručeno přesné dodržení pokynů výrobce a bezproblémový chod tohoto sofistikovaného zařízení.



Obr. 8 Plnička automatických převodovek GV ATF003  
Zdroj: AutoEXPERT

Je velmi nežádoucí, i když jsou takové případy, kdy zákazníci chtějí ušetřit a mění náplň bez demontáže a následné výměny filtru, který je jak již bylo zmíněno lisován přímo do tělesa plastové vany. Takový přístup nemá poté smysl a filtrační schopnost je velmi špatná. Je vhodné vyměnit všechny díly a zabezpečit maximum výkonu, po samotné výměně se přes OBD rozhraní a diagnostiku mažou adaptační hodnoty řídicí jednotky automatické převodovky, která se poté znovu adaptuje a učí dle způsobu jízdy řidiče.



Obr. 9 Kompletní kit na výměnu oleje ZF

Zdroj: <http://www.zf.com>

Po takovéto výměně je citelně znát, že chod převodovky, zejména přerazování jednotlivých stupňů je mnohem hladší, bez škubání apod., samozřejmě za předpokladu, že již není poškozená.

#### 4.7 Kovy obsažené v automatické převodovce

Dle dostupných informací výrobce automatické převodovky je zřejmé, že jednotlivé konstrukční části i dle publikace [7], která udává, že se při výrobě používají materiály železo (Fe), měď (Cu), olovo (Pb), zinek (Zn), hliník (Al). Obsah otěrových kovů jsou ve výsledcích porovnány s novým olejem, kde je jejich zastoupení v zanedbatelném množství oproti již použitému oleji.

Tab. 1 Typické poruchy automatických převodovek

#### Typické poruchy automatických převodovek.

Porucha	Možná příčina
nemožný pohyb dopředu, kola se protáčí na místě	opotřebování třecích desek rozběhové spojky (dopředu, přímý) opotřebování nebo přetržení manžet

Porucha	Možná příčina
	<p>pístu této spojky  opotřebování nebo poškození kroužků této spojky  zaseknutí jednoho z hydraulických ventilů hydraulické jednotky</p>
<p>žádný pohyb dozadu, funkční 1. nebo 2. rychlostní stupeň dopředu; při 3. (4...) žádná rychlost</p>	<p>opotřebované třecí lamely spojky  zlomené nebo opotřebované manžety pístu spojky  opotřebení nebo poškození těsnících kroužků spojky  odřené drážky v těle bubnu, jiný problém týkající se spojení</p>
<p>žádný pohyb dozadu, dopředu všechny převodové stupně fungují</p>	<p>opotřebování brzdového pásu  zlomené nebo opotřebované manžety pístu brzdy  zlomená ojnice pístu pásové brzdy  problémy brzdové soustavy</p>
<p>žádný pohyb dozadu ani dopředu, při přechodu z "P" nebo "N" na jakoukoli rychlost, žádný znatelný náraz vypovídající o zařazení rychlosti</p>	<p>vadný měnič točivého momentu  zlomený hlavní pastorek oběhového kola, nefunguje spojení s hydrodynamickým měničem  nedostatek přenosové kapaliny  znečištění sítky filtru  silné opotřebení třecích lamel spojek a brzdového pásu  zlomené nebo opotřebované manžety pístů těchto kompletů  opotřebení nebo poškození těsnících kroužků těchto kompletů  vadný solenoid nebo hydraulický ventil hydraulické jednotky</p>
<p>žádný pohyb ani dopředu ani dozadu, při přepnutí do polohy „P“ nebo „N“ při jakékoli rychlosti se projeví citelný otřes, vozidlo prokluzuje a nehýbe se</p>	<p>vadný hydrodynamický měnič  nedostatek přenosové kapaliny  ucpaný filtr přenosové kapaliny</p>
<p>možný pohyb tam a zpět pouze na 1. a 2. rychlostní stupeň, žádné další přenosy nejsou</p>	<p>zaseknutý ventil v hydraulickém zařízení nebo solenoidu</p>
<p>vozidlo běží, ale při dlouhodobém stoupání v poslední rychlosti začne prokluzovat a dochází k předčasnému přepnutí na nižší</p>	<p>nedostatečná hladina přenosové kapaliny v převodovce  celkové opotřebování manžet,</p>



Porucha	Možná příčina
rychlost	pojistných kroužků a plotýnek spojky
při rozjezdu vozidlo trochu prokluzuje, ale když získá rychlost, jede a řazení ostatních rychlostí funguje normálně	<p>v hydrodynamickém měniči silné opotřebenosti hlavy turbínového kola, což způsobuje prokluzování hřídele převodovky při vysokých otáčkách motoru.</p> <p>opotřebenosti třecí spojky chodu dopředu opotřebená nebo potřhaná manžeta pístu této spojky</p>
vůz se při instalaci řadicí páky do polohy „N“ pohybuje	<p>narušené regulování kabelu nebo páky pohonu ovládaní převodovky</p> <p>zaseknutý píst jedné ze spojek (přímovpřed)</p> <p>třecí lamely jsou přivařeny k oceli (v důsledku dlouhodobého tření)</p>
k řazení rychlostních stupňů dochází při rychlostech nad normální hodnotou	<p>narušené regulování ovládacího kabelu</p> <p>škrticí klapky</p> <p>zablokování ventilu odstředivého regulátoru</p> <p>částečné znečištění sít'ky filtru</p> <p>zaseknutí škrticí klapky v škrticím mechanismu</p>
při prudkém stlačení pedálu plynu, nedochází k podřazení na nižší převodový stupeň „Kickdown efekt“	<p>vadný snímač tlaku nebo nožní spínač „Kickdown“</p> <p>zaseknutý ventil hydraulického agregátu při řazení z 3. převodového stupně na 2.</p> <p>přerušení elektrického obvodu snímače nebo nožního</p> <p>nesprávně nastaveno ovládaní škrticích klapek</p>
prokluzování spojek při řazení rychlostních stupňů	<p>ucpané sítko filtru</p> <p>nízká hladina přenosové kapaliny</p> <p>nedostatek tlaku v potrubí, problém hydraulického systému, solenoidů</p>
vozidlo při jízdě cuká, prokluzuje	blokovací spojka mimo provoz
řazení rychlostních stupňů v automatické převodovce je doprovázeno nejen otřesy, ale citelnými rány	celkové opotřebenosti třecích kotoučů, vytvořené velké spáry

Porucha	Možná příčina
žádný pohyb ani dozadu, ani dopředu, tlak v potrubí automatické převodovky je přítomen	sedrané drážkování hlavy turbínového kola hydrodynamického měniče
žádný pohyb ani dozadu, ani dopředu, tlak v potrubí automatické převodovky není přítomen	opotřebované drážkování na hřídeli olejového čerpadla předního krytu hydrodynamického měniče opotřebované drážkování na hřídeli reaktore olejového čerpadla
vozidlo se sotva pohne z místa (jakoby prokluzuje) a velmi pomalu nabírá rychlost; nazpět taktéž	(hydrodynamický měnič) narušena nepropustnost lopatek ventilátorů čerpadlového nebo turbínového kola přetržení lopatek ventilátorů čerpadlového nebo turbínového kola
Nežádoucí zvuky v místě diferenciálu	opotřebení hnaného a hnacího pastorku diferenciálu opotřebení ložiska diferenciálu, zvýšení axiální vůle ložiska velká vůle a blokace čepu diferenciálních satelitů
vůz se pohybuje, dokud nedojde k zahřátí přenosové kapaliny, následuje prokluzování dopředu i dozadu, nakonec vozidlo prokluzuje na místě	opotřebování třecích kotoučů, když je olej studený, viskozita a tlak je větší, než v zahřátém stavu, kola jsou lépe tlačena proti sobě, vytváří spojku s motorem zvýšený obsah prachu z opotřebovaných disků v přenosové kapalině, prach ucpává sítko filtru, klesá tlak a začíná prokluzování spojek
vůz nevyvíjí otáčky za účelem zvýšení rychlosti pohybu, zejména na vzestupu; nelze přepnout na nižší rychlostní stupeň prudkým stlačením plynového pedálu, nefunguje „Kickdown efekt“	nedostatky v práci motoru. Selhání otáček motoru při stisknutí pedálu plynu v rozmezí 1000 - 1500 ot/min. Tento rozsah otáček je přípravou pro řazení převodových stupňů
při zařazení jakékoliv rychlosti vozidlo zhasne, jestliže se nepřidá plyn	blokace některých ovládacích ventilů rychlostní spojky porucha hydrodynamického měniče, vzpříčení kola turbíny a oběžného kola čerpadla prostřednictvím z důvodu separace jedné nebo více lopatek
přenosová kapalina v automatické převodovce se zpění a získává hnědo-bílou barvu	dovnitř automatické převodovky se dostala voda, se vzduchem vytvořila pěnovou emulzi,

Porucha	Možná příčina
vu, vozidlo začíná prokluzovat	olejové čerpadlo nevytváří tlak
nízký tlak oleje v potrubí	nečistoty v hydraulické jednotce, v solenoidech nízká hladina přenosové kapaliny vzduchová netěsnost v sacím potrubí blokace klapky přetlakového ventilu olejového čerpadla
na magnetech vany přenosové kapaliny jsou patrné kovové částičky, ostré, větší než 1mm	opotřebování a selhání planetové převodovky nebo axiálního ložiska opotřebování čepu satelitního zařízení
hliníkové částice ve spodní části vany	opotřebování pracovní vrstvy kluzného ložiska opotřebování jakéhokoliv hliníkového válce v planetovém soukolí výkon v zásobníku axiálních ložisek diferenciálu
plastové částice nebo nečistoty ve spodní části vany nebo na mřížce filtru	opotřebení nebo poškození plastového pouzdra stočila se nebo ulomila opěrná podložka čerpadla nebo spojky
na magnetech vany přichycené malé válečky	rozsypalo se opěrné kotoučové ložisko
kovový zvuk, když motor jde na volnoběh	opotřebování třecích disků jakéhokoliv spojky

Zdroj: <http://suvik.cz/clanky/poruchy-automatickyh-prevodovek.html>, 2017

**Bylo by také vhodné upozornit na několik věcí, které se s automatickou převodovkou nesmí dělat:**

- zásadně neodtahovat vozidlo po vlastní ose bez nastartovaného motoru
- při proražení olejové vany, či masivnějším úniku hydraulického oleje vozidlo nestartovat
- nepřerážovat na rychlost "R", pokud je vozidlo stále v pohybu
- nevyřazovat na "N" při jízdě z kopce
- nezařazovat "P" před úplným zastavením
- nenechávat vozidlo pouze na "P" v prudkém kopci bez aktivované parkovací brzdy
- nejedít s vozidlem a přivolat servis při chybovém hlášení "Getriebe fault"
- netáhnout vozidlo na laně, pouze nouzový odtah prostřednictvím odtahové služby
- nezkoušet dále jet při případném proražení olejové vany a úniku převodového oleje
- není vhodné provádět chiptuning na vozidlech s automatickou převodovkou, pokud neznáme maximální možný točivý moment, při kterém lze převodovku provozovat.

## 4 Výrobní procesy hydraulického oleje

Hydraulické maziva patří hned po motorových olejích mezi nejvýznamnější skupinou mazacích prostředků. Celkově se podílejí svojí spotřebou na 30% v průmyslovém odvětví. Z toho 90% tvoří ropné hydraulické kapaliny, 5% speciální kapaliny a posledních 5% deriváty těžko-zápalných kapalin.

Vyrábí se nejčastěji ze základového ropného oleje, dále jsou přidávány chemické látky zvané aditiva. Finální kvalita záleží na dodaném základovém oleji, aditiv a celkové kombinaci. Toto má za úkol vždy team odborníků, protože je nutno vždy pečlivě volit vzájemnou synergii, komplexně posuzovat a testovat provozní funkci výsledného výrobku. Základový oleje s malou závislostí viskozity na teplotě nabízí možnost pro použití v nižších třídách.

Mezi vlastnosti komplexní řadíme mazací schopnost, která zahrnuje souběžně vliv viskozity maziva, maznosti, a mazivosti maziva. [8]

### 5.1 Složení oleje

#### Základový olej:

- ropný rafinát

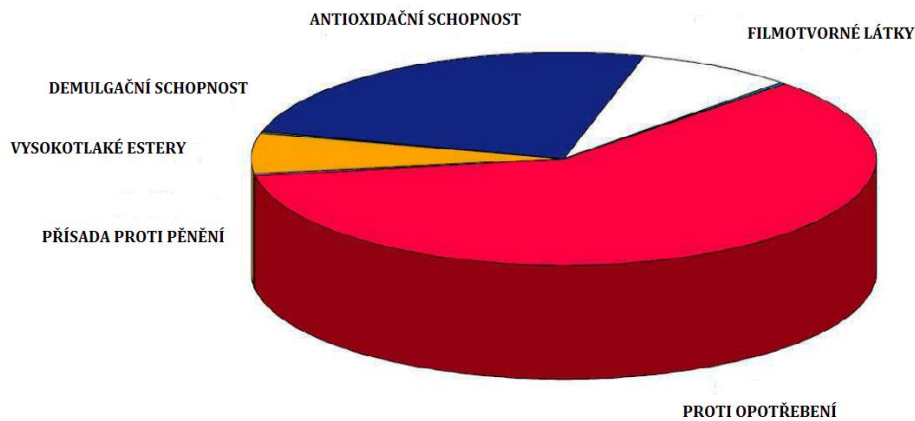
#### Přísady:

- s působením na otěr, respektive povrch materiálu, koroze (detergenty, disperzanty, estery, fosfáty, karboxylové kyseliny, karbamáty)

- zlepšení vlastností oleje, modifikace viskozity, bod tuhnutí (kopolymery, polymetakryláty)

- zvyšující odolnost oleje proti degradaci - pění, stárnutí (feniláty, aminy, komplexní cheláty, silikony, polyétery)

### Příklad obsahu jednotlivých látek v hydraulickém oleji:



Obr. 10 Obsah látek v hydraulickém oleji

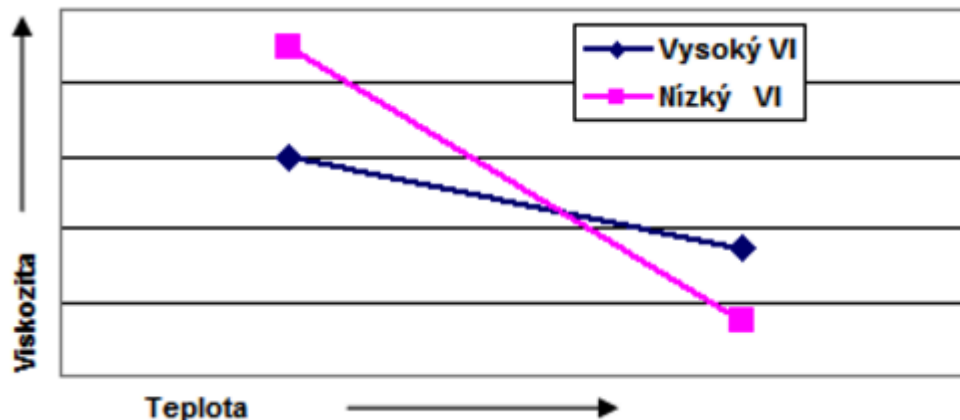
Zdroj: <http://www.cimcool.com/fluid technology/hydraulické kapaliny.pdf>

## 5.2 Základní charakteristika olejů

Mezi základní vlastnosti hydraulického oleje patří především plnit přenos tlakové energie na přeměnu v energii mechanickou (hydromotor, hydrogenerátor), je možné přenášet i tlakové vlny, mazat mechanismy, odvádět vedlejší produkty opotřebení, ale i teplo. V případě automatické převodovky jde o přenos energie v hydrodynamickém měniči, také o funkci ovládací, jelikož řazení probíhá pomocí přepouštění oleje.

### 5.2.1 Viskozita kapaliny

Nejdůležitější vlastnost, neboť je zde přímá závislost mezi odporem při průtoku kapaliny ve velmi malých otvorech, či potrubí. Čím má kapalina menší viskózní třídu, tím je řidší a naopak čím je vyšší, tím je hustší. Viskozita je velmi závislá na aktuální teplotě a tlaku, tato změna je určena viskózním indexem, při zvýšení tlaku se úměrně zvyšuje i viskozita. Je možné říct, že viskozita určuje tekutost kapaliny.



Obr. 11 Graf změn viskozity s rostoucí teplotou

Zdroj: <https://www.oleje.cz/clanek/Hydraulicke-kapaliny>

### 5.2.2 Dynamická viskozita

Tato veličina nám určuje odpor (vnitřní tření), který klade kapalina vlastnímu toku (pohybu) nebo jiné vzájemné změně. Odpovídá síle, která je potřebná v určitém médiu k posunu 1 kg za 1 s o 1 m. Fyzikální jednotkou je 1 Pa.s (pascal-sekunda,  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Se zvyšováním teploty viskozita klesá.

### 5.2.3 Kinematická viskozita

Je dána poměrem mezi dynamickou viskozitou a hustotou, udává se v  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a značí se symbolem  $\nu$ . Viskozita klesá s rostoucí teplotou a rostoucím tlakem. Vliv tlaku je obvykle zanedbatelný.

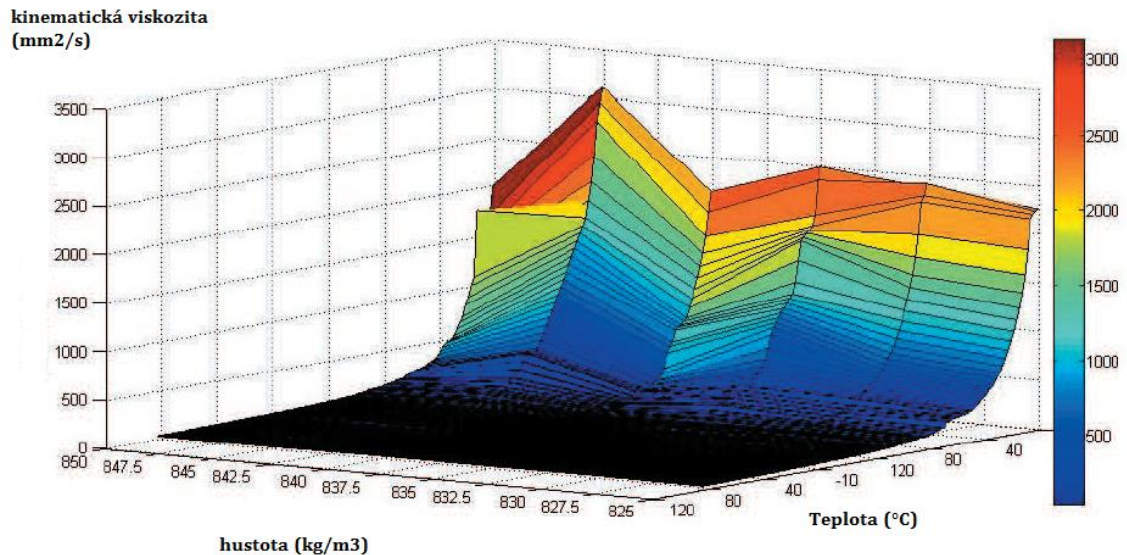
### 5.2.4 Stlačitelnost kapaliny

Je důležité, aby stlačitelnost byla co nejmenší, ovlivňuje celkovou tuhost soustavy, přesné a stejnosměrné chování celkové soustavy převodovky.

### 5.2.5 Hustota kapaliny

Vyjadřuje hmotnost objemové jednotky látky, tedy vztah mezi hmotností a objemem dané látky. Objemy různých látek se při stejné hmotnosti výrazně liší. Také

hustota v jednotlivých částech tělesa nemusí být vždy stejná, dále se zde mění vlivem působení dalších veličin jako je čas a teplota, apod. Jednotkou je  $\text{kg}/\text{m}^3$ .



Obr. 12 Vliv kinematické viskozity, hustoty na teplotě

Zdroj: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/11/11-jmd36.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/11/11-jmd36.pdf), 2017

### 5.2.6 Mazací schopnost

Vysoké provozní tlaky v automatické převodovce vyžadují tenký mazací film s vysokou pevností. V případě jeho porušení dochází k vysokému otěru, styk kovových částí s kovem, případně další otěry vlivem jednotlivých materiálů bez patřičného mazání a to způsobuje vysoké opotřebení.

Dále se nám tvoří vysoké množství tepla v kapalině, která velmi významně působí na viskozitu oleje. Abychom využili maximální potenciál hydraulického zařízení, potřebujeme co nejnižší ztráty v tření, proto klademe velmi vysoké nároky na mazací schopnost kapaliny.

Hydraulický olej je nejvíce znečišťován tvrdými kovovými částicemi, které vznikají při otěru kluzných ploch. Kritická velikost částic je od 5 a více  $\mu\text{m}$ . Kvalitu



oleje je možné udržet zejména čističem, měkké částice nejsou tak škodlivé, vznikají společně se stárnutím oleje.

Nevýhodou je, že se usazují na jednotlivých částech mechanismu a omezují její funkci. Například voda jak je známo způsobuje korozivní změny na citlivé části, nebo na elektronické komponenty. Pokud by se do systémů dostal vzduch, ten působí zejména kavitační jevy.

### 5.2.7 ATF oleje

ATF kapaliny obsahují okolo dvou desítek složek, mezi základní prvky je možné zařadit barviva, speciální aditiva a základní aditiva.

Jako základní aditivum označujeme: proti pěnové přísady, detergenty, anti-korozivní inhibitory a diverzanty, antioxidační složky. Speciální aditiva jsou dále sulfaktantové látky snižující napětí, látky stabilizující viskozitu za studeného provozu, vysokoteplotní zahušťovadla, barviva jsou většinou dle specifikace výrobce, nebo z důvodu zaměnitelnosti s motorovými oleji.



Obr. 13 Magnet zachycující pevné částice v olejové vaně

Zdroj: vlastní, 2017

Použití filtru v automatické převodovce vyžaduje vysokou úroveň čistoty, jelikož standartní filtr neumožní doživotní bezproblémovou funkčnost. [3]



Obr. 14 Celkový pohled na olejovou vanu po demontáži z vozu  
Zdroj: vlastní, 2017

### 5.2.8 Vlastnosti oleje ZF Lifeguardfluid 6

**podle směrnice EK 91/155/EHS:**

Obchodní název: ZF-Lifeguardfluid 6

Výrobce: ZF Friedrichshafen AG, Německo

Specifické označení: Leštadlo a mazivo

Chemická podstata: Minerální mazivo, aditivum

Nebezpečné složky: Žádné nebezpečné příměsi podle směrnice 2001/58/ES

Forma: Kapalná

Skladovací třída: 12, nehořlavé kapaliny

Barva: Hnědá

pH: Nepoužitelné

Bod vzplanutí:	200 stupňů Celsia (metoda ISO 2592)
Tlak par:	< 0,001 hPa při 20 st. Celsia
Kinem. viskozita:	28 mm <sup>2</sup> /s oři 40 st. Celsia (metoda DIN 51562)
Datum revize:	5. 3. 2007, ver. 1
Datum vydání :	5. 3. 2007



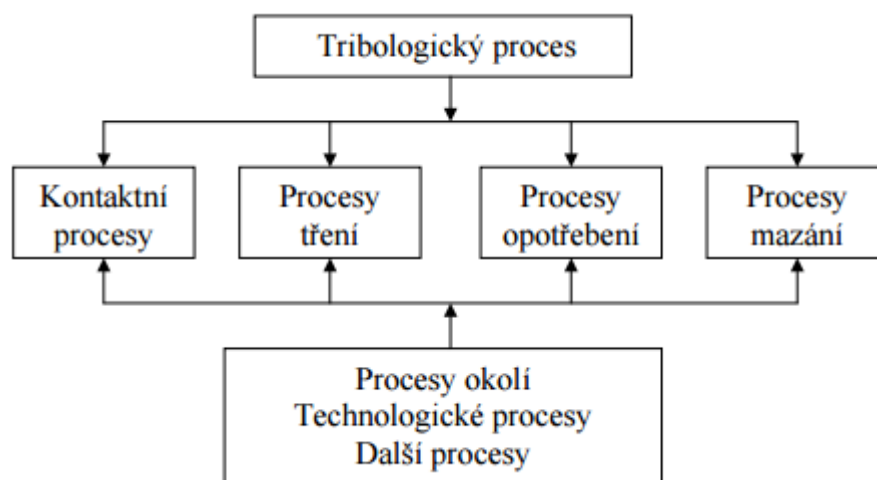
Obr. 15 Převodový olej ZF Lifeguard 6, 2017  
Zdroj: ZF.com



Obr. 16 Vypouštění oleje při odběru vzorků, 2017  
Zdroj: Vlastní

## 7 Tribotechnická diagnostika oleje

**Tribologie** je nauka o procesech tření, opotřebení a mazání, zahrnuje i tribotechniku, která se zabývá metodami a technickými možnostmi k eliminaci tření a opotřebení v konstrukci, montáži, provozu a údržbě strojů. Tribologický proces charakterizuje materiální interakce cizích těles, mezi látky a okolí, které probíhají v prostoru a čase. Obecné vazby mezi jednotlivými částmi tribologickými procesy jsou znázorněny v obrázku.



Obr. 17 Vzájemné vazby v tribologickém systému, 2017

Zdroj: [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz)

### U těchto procesů řešíme především otázky:

- jak optimalizovat možnosti vedoucí k minimalizaci ztrát v tření a k jakým přeměnám energie v systému dochází

**Tribodiagnostika** sleduje procesy v tření se dvou strojních součástí za účelem zjištění jejich provozního režimu a technického stavu. Analyzuje zejména oleje, který je používán v mazacích soustavách. Tribodiagnostika je tedy schopna ze vzorků oleje analyzovat druhy kontaktů mezi kinematickými dvojicemi strojů, či materiálů.

Charakterizovat tribologický systém lze, když si představíme například model, kde jako vstup žádoucí je použita mechanická práce, či pohyb, jako vstup nechtěný jsou vibrace, vznikající teplo, nečistoty a to vše je koncentrováno do celkové struktury. Jako výstup žádoucí lze považovat vzniklá práce, pohyb, materiál, a jako ztrátové výstupy je možno pozorovat opotřebení, tření, akustický projev, atd. Stejně jako u spalovacího motoru, i zde hraje teplota oleje významný vliv na funkci celého systému automatické převodovky, jakmile dochází k degradaci oleje a tepelnému zatížení, tak je již ohrožena stabilita a kondice. [2]

Proces opotřebení je velmi nežádoucí, avšak nezbytný, nelze ho nikdy zcela eliminovat, jedná se o nežádoucí a trvalou změnu struktury materiálu, povrchu, barvy, velikosti, nejčastěji definovaný jako úbytek materiálu.

Druhy opotřebení:

- Abrazivní, erozivní, kavitační, únavové, vibrační, adhezivní, aj.

## 7.1 Druhy analýz

- spektrometrie

- monitoring částic

- měření teplotní závislosti dynamické viskozity

## 7.2 Spektrometrie

Polovodičový spektrometr, specificky navržený pro analýzu olejových vzorků. Měří stopové obsahy prvků rozpuštěných, nebo nanesených jako jemné částice v minerálních, případně syntetických výrobcích na bázi ropy, za použití dlouhodobě ověřené a spolehlivé techniky - s rotační diskovou elektrodou. Přístroj dále spl-

ňuje požadavky standardní metody ASTM D6595 pro stanovené otěrových kovů a kontaminantů použitých v mazacích olejích, nebo hydraulických směsích.

### 7.3 Monitoring částic

Analyzátor částic se používá k vyhledání a charakteristice otěrových částic. Ve většině případů kovových. Protože existuje několik typů namáhání třecích dílů, existuje i několik mechanismů opotřebení, které se většinou pojmenovávají anglickými názvy a v češtině nemají svoje pojmenování (únavové opotřebení, pitting, scuffing, abrazivní opotřebení apod.).

Částice vzniklé odlišným mechanismem opotřebení mají různé tvary a velikost. Velikost částic z normálního opotřebení se pohybuje v řádu několika mikrometrů, obvykle do 5 mikrometrů. Čím jsou otěrové částice větší (většinou desítky, někdy až více než sto mikrometrů) a čím je jejich četnost vyšší, tím je opotřebení stroje větší.

Nečistoty vznikající v oleji jsou definovány jako:

- měkké (ropná pryskyřice, kaly, prvky oxidace)
- tvrdé (kovové částice z ploch, které jsou součástí stroje - Cu, Fe, Al, Pb,...)
- voda (ve formě chladicích kapalin) - úniky chladicího systému, kondenzát
- palivo (motorová nafta, či benzin, dochází ke kontaminaci při bohatých směsích - nedokonalé spalování)
- vzduch (například přes nevhodné, či zanesené vzduchové filtry)

### 7.4 Teplotní závislost dynamické viskozity

Měření teplotní závislosti dynamické viskozity motorového oleje bylo provedeno na rotačním viskozimetru Anton Paar DV-3P, který měří krouticí moment rotujícího vřetena ponořeného do vzorku. Tento viskozimetr pracuje na principu měření krouticí síly nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku pono-

řeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, která se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene.

Z měřených hodnot je na základě interních výpočtů přímo zobrazena hodnota dynamické viskozity v *mPa.s*. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. Rozsah měření pro stanovení reologických vlastností materiálu může být přizpůsoben zvolením vhodné kombinace vřetene a rychlosti otáčení. Pro získání relevantních výsledků měření je nezbytné znát nejdůležitější reologické vlastnosti vzorku. Je tedy třeba vyhodnotit, o jaký typ materiálu se jedná, a správně jej klasifikovat.

## 7.5 Smykové tření v mazivu

Opotřebení je nežádoucí jev, který je přítomen při mazání kterékoliv části, kde se dotýkají kluzné části materiálu. Důsledkem je poté postupné odebírání materiálu a vznik vůlí.

Smykové tření v mazivu vzniká v místě valivého styku ze dvou hlavních příčin:

- smykovými makro-pohyby, jež jsou vyvolány v místě styku makrogeometrickými vlastnostmi, jako příklad je možné uvést styk kuličky a zakřivenými drahami v pouzdru valivého ložiska a rotací, kde dochází k smykovému pohybu s určitou úhlovou rychlostí,

- smykovými mikro-pohyby způsobenými geometrickou deformací, která je vyvolána elastickou deformací povrchu.

Smykové napětí v místě styku závisí zejména na smykové rychlosti a reologických vlastnostech maziva.

Jestliže mazací film nedosahuje dostatečné tloušťky, aby dokonale oddělil stykové plochy, a dochází-li ke smykovému pohybu, mohou se vrcholky nerovností začít dotýkat. To se projeví zvýšením třecích ztrát při smyku a součinitel tření je pak při styku mezi nerovnostmi větší než v případě tření vyvolaného pouze smykovým třením v mazivu při čistě hydrodynamickém mazání.

**Zpětný tok na vstupu do místa styku****Zpětný tok maziva**

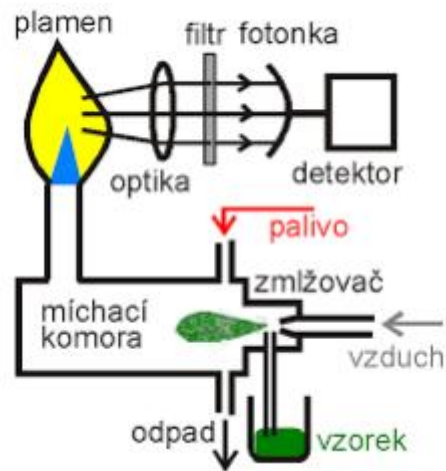
Obr. 18 Model zpětného toku maziva

Zdroj: mmspektrum.com, 2017

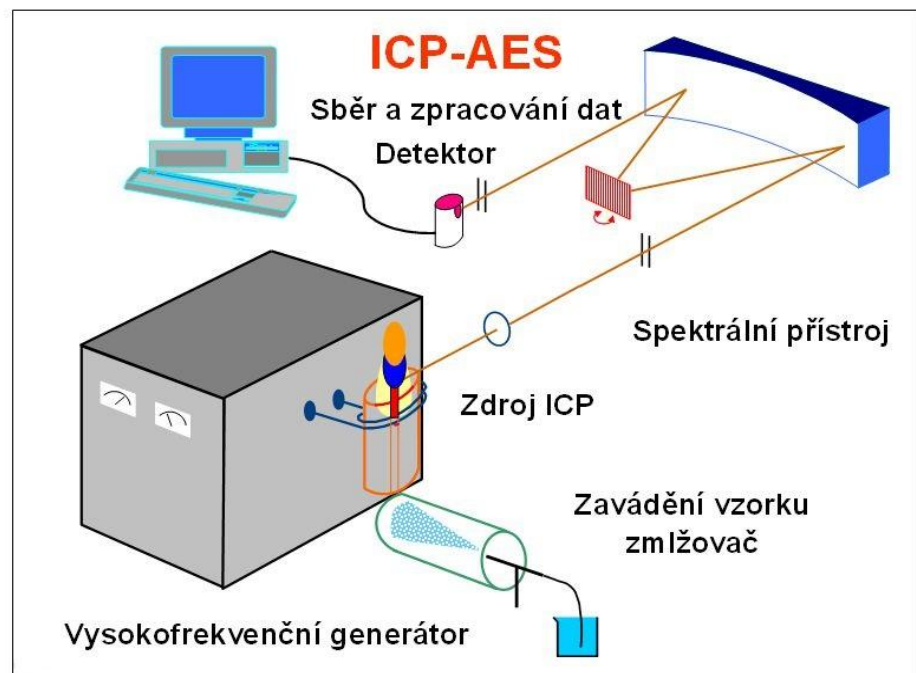
## 7.6 Atomová emisní spektrometrie (AES)

AES, někdy také nazývána jako optická emisní spektrometrie, je založena na registrování fotonů vzniklých přechody valenčních elektronů z vyšších energetických stavů na nižší. Měří se záření emitované atomy nebo ionty v excitovaném stavu. Emisní spektrum má čárový charakter a počet čar ve spektru roste s počtem elektronů na valenčních hladinách. Abychom mohli zaznamenat atomové čárové spektrum, musí být prvky ve vzorku v atomární formě a musí být excitovány do vyšších energetických stavů. To se nejčastěji dosahuje termickým buzením – vzorek je v budícím zdroji zahříván na vysokou teplotu. ([www.ach.upol.cz](http://www.ach.upol.cz))





Obr. 19 AES

Zdroj: [www.vscht.cz](http://www.vscht.cz), 2017

3

Obr. 20 ICP-AES

Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/5639395/>, 2017

## 8 Materiály a metodika

Praktická část byla z části prováděna na univerzitě obrany v Brně, kde bylo využito polovodičového spektrometru SPECTROIL Q100. Dále bylo použito přístroje na měření viskozity na Mendelově univerzitě, konkrétně rotačního viskozimetru Anton Paar DV-3P a digitálního hustoměru Densito 30 PX.

### 8.1 Polovodičový spektrometr SPECTROIL Q100

Spectroil Q100 je náš nejnovější a kompletně polovodičový spektrometr, specificky navržen pro analýzu olejových vzorků. Měří stopové obsahy prvků rozpuštěných nebo nanesených jako jemné částice v minerálních nebo syntetických výrobcích na bázi ropy za použití dlouhodobě ověřené a spolehlivé techniky s rotační diskovou elektrodou (RDE).

Spectroil Q100 využívá stejnou technologii a koncept návrhu, které Spectro Incorporated roky aplikovalo u spektrometrů typu Spectroil M. Všechny Spectro přístroje pro analýzu olejů těží z této technologie, za předpokladu využití inovace, jednoduchosti v použití a robustnosti, jež z nich vytvořili standardní přístroj ve většině komerčních laboratořích pro analýzu olejů na celém světě, které vyžadují rychlou analýzu otěrových kovů, kontaminantů a aditiv v mazivech. Spectroil Q100 splňuje požadavky standardní metody ASTM D6595 pro stanovení otěrových kovů a kontaminantů v použitých mazacích olejů nebo hydraulických směsí pomocí atomových emisních spektrometrů s rotační diskovou elektrodou.

Spectroil Q100 je ideální spektrometr pro provozní laboratoře analýzy olejů, protože nová technologie jej udělala menším a rovněž inovovaný CCD optický systém přispěl k tomu, že je flexibilnější i pro více exotické provozní aplikace na místě. Celý systém je řízen externím PC s operačním systémem Windows. Jako volitelná je možnost analýzy motorových chladicích směsí a vody.

Srdcem nového Spectroil 100 je inovovaný a moderní polovodičový CCD optický systém, zajišťuje potřebné rozlišení a světelnou prostupnost pro velice rychlé zpracování spektra provozních olejových vzorků (otěrové kovy, kontaminanty a aditiva). Optika Spectroil Q100 obsahuje dvojrstvé CCD detektory, které z něj dě-

lají kompaktní a zároveň extrémně citlivý systém. Návrh eliminuje potřebu fotonásobičů a tím vlastní nestabilitu a omezení v možnostech analytické expanze.



Obr. 21 Spectroil Q100, 2017

Zdroj: [www.led-lab.com](http://www.led-lab.com)

## 8.2 Rotační viskozimetr DV-3P

Měření probíhalo na rotačním viskozimetru Anton Paar DV-3P, který měří krouticí moment rotujícího vřetena ponořeného do vzorku.

Tento viskozimetr pracuje na principu měření kroutící síly, nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku ponořeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, který se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene.

Z měřených hodnot je na základě interních výpočtů přímo zobrazena hodnota kinematické viskozity v mPa.s. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. Rozsah měření pro stanovení reologických vlast-

ností materiálu může být přizpůsoben zvolením vhodné kombinace 53 vřetene a rychlosti otáčení. Pro získání relevantních výsledků měření je nezbytné znát nejdůležitější reologické vlastnosti vzorku. Je tedy třeba vyhodnotit, o jaký typ materiálu se jedná a správně jej klasifikovat.

Technické údaje použitého přístroje Anton Paar DV-3P:

Rozsahy měření pro standardní vřetena:

DV-3P L: 15\*) do 2 000 000 mPa.s = 15 \*\*) do 2 000 000 mPa.s

DV-3P R: 100 \*) do 13 000 000 mPa.s = 100 \*\*) do 13 000 000 mPa.s

DV-3P H: 0,16 \*\*) do 106 000 mPa.s = 1,6 \*) do 1 060 000 mPa.s

\*) omezeno vlivem turbulence

\*\*) pro měření odpovídající 10 % plného rozsahu

Rozlišení:

- Pro adaptér „nízká viskozita“: 0,01

- Viskozita < 10 000 mPa.s: 0,1

- Viskozita > 10 000 mPa.s: 1

Přesnost:  $\pm 1$  % z plného rozsahu

Opakovatelnost:  $\pm 0,2$  % z plného rozsahu

Hodnoty momentu (plné zatížení):

DV-3P L: 0,07 mN·m

DV-3P R: 0,7 mN·m

DV-3P H: 5,8 mN·m

Teplotní senzor Pt 100:

Rozsah:  $-10$  °C až  $150$  °C

Rozlišení:  $0,1$  °C

Přesnost:  $\pm 0,25$  °C, Opakovatelnost:  $\pm 0,1$  °C



Obr. 22 Anton Paar DV-3P  
Zdroj: [www.anton-paar.com](http://www.anton-paar.com)

### 8.3 Digitální hustoměr Densito 30PX

Hustota byla měřena pomocí přenosného digitálního hustoměru Densito 30 PX od firmy Mettler Toledo. Tento hustoměr je vybaven speciální stupnicí pro měření ropných produktů. Tento přenosný hustoměr umožňuje během krátké doby zjistit hustotu vzorku. Přístroj používá metodu oscilující trubice v kombinaci s přesným měřením teploty. Vzorkovací hadička se ponoří do vzorku a po nasátí se automaticky spustí měření. Výsledek se zobrazí na displeji v několika sekundách. Hustoměr je vybaven pumpou s regulovatelnou rychlostí nasávání a speciálním otvorem pro možný vstřík vzorku externí stříkačkou (pro velmi viskózní vzorky).

Přístroj má automatickou teplotní kompenzaci nebo 10 teplotních kompenzačních koeficientů. Kalibrace se provádí na vzduch nebo vodu. Do interní paměti lze uložit až 1100 výsledků vzorků a přenést do osobního počítače pomocí infračerveného rozhraní.

Technické údaje použitého přístroje Densito 30 PX:

Měřící rozsah hustoty: 0 až 2 g·cm<sup>-3</sup>

Měřící rozsah teploty: 0 až +60 °C

Rozlišení: 0,0001 g·cm<sup>-3</sup>

Přesnost: 0,001 g·cm<sup>-3</sup>

Jednotky měření: hustota, specifická hmotnost, API, kyselina sírová, koncentrace



Obr. 23 Digitální hustoměr Densito 30 PX

Zdroj: [www.camlab.co.uk](http://www.camlab.co.uk)

## 8.4 Použitý převodový olej

Pro experiment bylo využito vyjetého převodového oleje již z prvovýroby, jelikož u všech zmíněných vozidel byla výměna oleje provedena poprvé. Dle informací od výrobce je jako první náplň použitý již zmíněný ZF LIFEGUARD 6, olej splňuje nejnáročnější požadavky ve všech provozních podmínkách automatické převodovky.

Mezi specifické znaky patří světle hnědá barva, obsah aditiv pro ochranu jednotlivých částí převodovky a dlouhou životnost.

Pro srovnání s vyjetým olejem, byl použitý také nový, nepoužitý originální olej ZF LIFEGUARD 6.

## 8.5 Testovaná vozidla

Vzorky byly odebrány z následujících vozidel, u kterých byl proveden servis automatické převodovky:

- Bmw E91 kombi 320d, 130kW r.v. 2008, s převodovkou ZF 6HP19, počet najetých km: 105000 (1. majitel, zejména smíšený provoz město/dálnice)
- Bmw E92 Coupe 320d, 130kW r.v. 2008, s převodovkou ZF 6HP19, počet najetých km: 187000 (2. majitel, zejména městský provoz)
- Bmw E90 Sedan 320d, 135kW r.v. 2010, s převodovkou ZF 6HP19, počet najetých km: 250000 (1. majitel, dálniční provoz/městský provoz)
- Bmw E91 kombi 320d, 135kW, r.v. 2009, s převodovkou ZF 6HP19, počet najetých km: 333000 (1. majitel, převážně dálniční provoz)

Všechny výše uvedené vozidla jsou osazeny stejnou automatickou převodovkou, stejné motorizace - tj. dvoulitrový vznětový čtyřválec s výkonem od 130 do 135kW bavorské značky BMW.



Obr. 24 Bmw 320d E90  
Zdroj: Amazon.co.uk, 2017

Na obr. 24 4-dveřová varianta s 2.0d a 135kW výkonu vyrobená v roce 2010.



Obr. 25 Bmw 320d, E91  
Zdroj: SmallCars.cz, 2017

Na obr. 25 verze kombi, označována jako E91 s 2.0d 135 kW vyrobená v roce 2009.



Obr. 26 Bmw 320d, E92 Coupe  
Zdroj: CGTrader.com, 2017

Na obr. 26 verze kupé s takéž dvoulitrovým dieslovým agregátem se 130 kW a vyrobená v roce 2008.



## 8.6 Odběr testovacích vzorků

Stávající převodový olej byl vypouštěn do předem připravených nádob, kde bylo předem zajištěno, aby nebyly kontaminovány jinými nečistotami, či mazivy.

Určité množství bylo odebráno a popsáno počtem najetých km, včetně registrační značky vozu. Následně byla převodovka propláchnuta a naplněna za pomoci plničky do původního stavu.

Dále se provádí vždy mazání adaptačních hodnot řídicí jednotky převodovky patřičným diagnostickým přístrojem v našem případě BOSCH KTS 540. Tímto je u převodovky provedeno vymazání adaptačních hodnot, do stavu jako v případě nového vozidla, v praxi to znamená, že se nyní bude adaptovat na stávající stav a režim jízdy řidiče.



Obr. 27 BOSCH KTS 540  
Zdroj: vlastní, 2017

## 5 Výsledky a diskuze

V této kapitole jsou hodnoceny veškerá výsledná měření. Hodnoty jsou uvedeny v obrázcích níže, součástí je také diskuze směřující k reálným výsledkům.

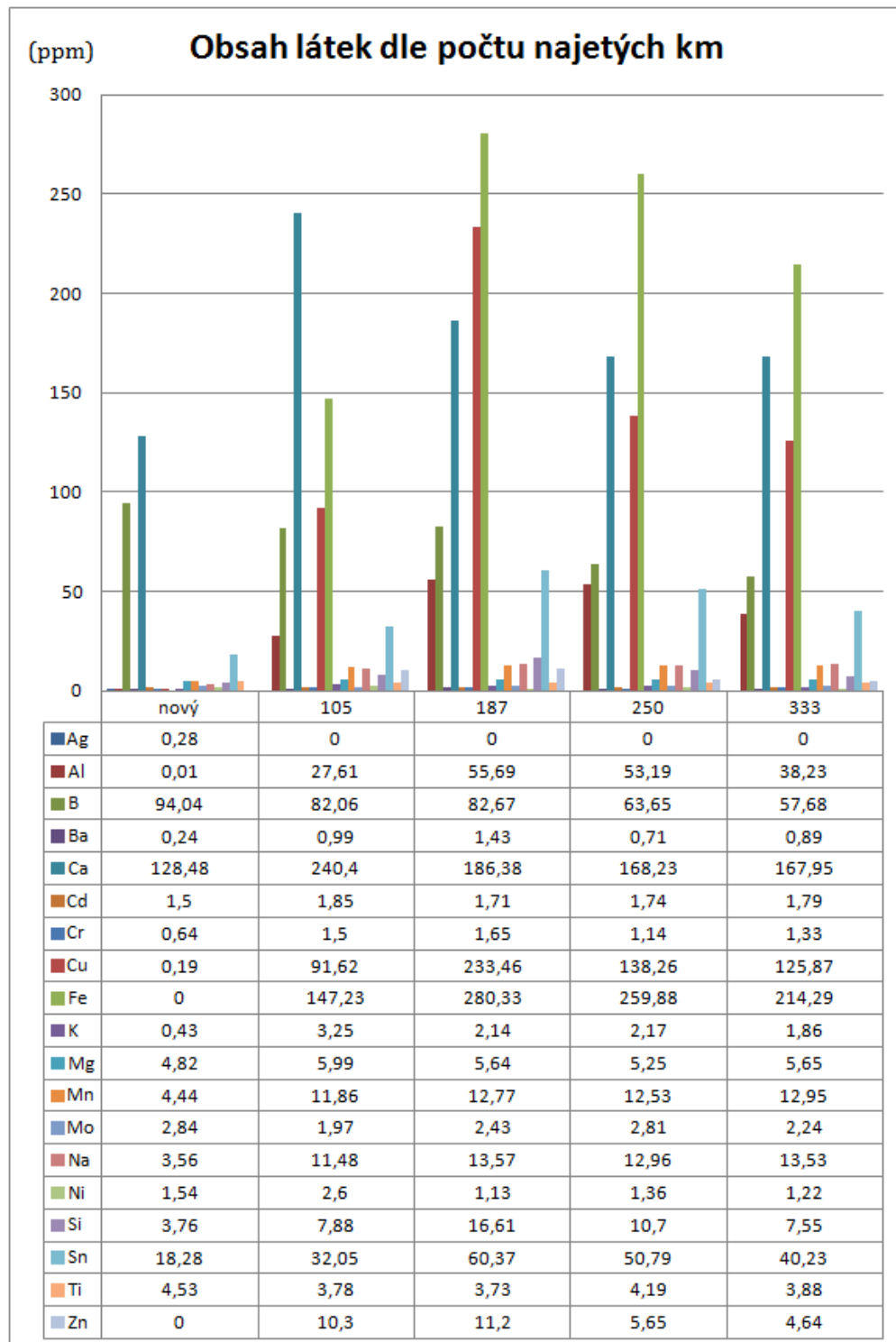
### 6.1 Atomová emisní spektrometrie

Pomocí této metody byly zjištěny následující hodnoty jednotlivých prvků, které jsou výrazným ukazatelem míry opotřebení automatické převodovky. Publikace [13] udává z jakých materiálů jsou konstrukční prvky převodovky vyráběny, s tím lze souhlasit, neboť stejné byly zjištěny i v odebraných vzorcích, avšak v rozdílných hodnotách. Dle množství obsažených kovů lze odhadnout místo, kde dochází k největším otěrům a která část je nejvíce opotřebována.

Z grafu je patrné, že největší obsah otěrových prvků má vzorek z vozidla s nájezdem 187 000 km, který byl provozován zejména v městském provozu, kdy dochází k častému rozjíždění a řazení převodových stupňů, na druhém místě je vzorek s nájezdem 250 000 km, který byl také provozován více v městském provozu a částečně dálničním.

Poté následuje vzorek s 333 000 km, který je ve srovnání s vozidlem se 187 000 km téměř dvojnásobný, ale vůz byl provozován zejména v dálničním režimu, kdy převodovka využívá hlavně 6 st. a není tolik zatěžována řazením a rozjížděním, kdy dochází k největšímu zatěžování a vzniku otěru.

První vzorek s nejmenším nájezdem km tj. 105 000 km má pouze vysoký obsah vápníku. Vápník je většinou součástí aditiv - detergentů, je však zařazen i do kategorie kontaminantů. Jedná-li se o upotřebený olej a obsah vápníku je zde vyšší než v novém oleji, jedná se o kontaminant, neboť vnitřní prostory čistí a uvolňuje usazeniny.

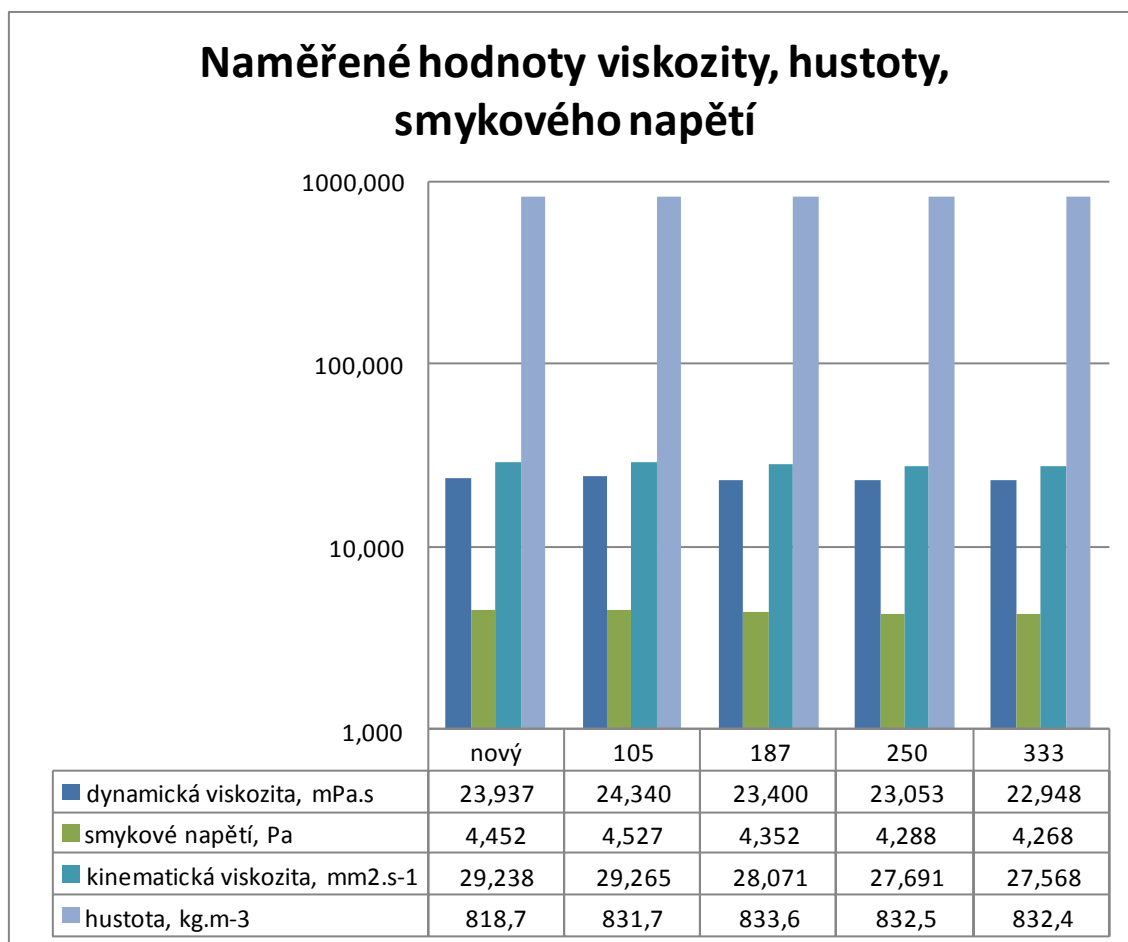


Obr. 28 Naměřené hodnoty konstrukčních kovů v převodovém oleji  
Zdroj: vlastní, 2017

## 6.2 Naměřené hodnoty viskozity, hustoty a smykového napětí

Další veličinou, jež byla analyzována je hustota, ta byla u všech vzorků téměř na stejné hodnotě. Literatura [10] uvádí, že měření hustoty je velmi významným ukazatelem kvality oleje. Jakákoliv změna hustoty opotřebovaného oleje vůči novému oleji je jasným znakem opotřebení, respektive znečištění maziva pevnými, či kapalnými kontaminanty. Výsledky do jisté míry ukazují degradaci zkoumaného vzorku.

Opět vzorek z vozidla provozovaného v městském provozu vykazoval nejvyšší hodnotu hustoty tj.  $833,6 \text{ kg.m}^{-3}$  oproti novému olej s hodnotou  $818,7 \text{ kg.m}^{-3}$ , následoval vzorek s 250tis  $833,6 \text{ kg.m}^{-3}$ , poté vůz s 333tis  $832,4 \text{ kg.m}^{-3}$  a nejlepší hodnotu měl vzorek s vozidla s 105tis tj.  $831,7 \text{ kg.m}^{-3}$ .



Obr. 29 Naměřené hodnoty viskozity, hustoty a smyk. napětí

Zdroj: vlastní, 2017

Tab. 2 Směrodatná odchylka

vzorek	mPa.s	Pa	mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
nový	0,060	0,011	0,073
105	0,021	0,004	0,025
187	0,022	0,004	0,027
250	0,019	0,004	0,023
333	0,023	0,004	0,028

Zdroj: Vlastní, 2017

Hodnoty smykového napětí, nejnižší hodnoty jsou patrné u nejméně upotřebených olejů, toto je dáno především mechanickou degradací olejů, resp. upotřebením aditiv - modifikátorů viskozity. Jedná se o pokles několika jednotek procent, což je přirozený proces degradace oleje.

Dle literatury [7] teplota tekutin také velmi výrazně ovlivňuje chemické vlastnosti, stabilitu a zejména rychlost oxidace základních prvků oleje, v automatické převodovce dochází k neustálým změnám teplot, což toto tvrzení dokazuje.

Kinematická viskozita, resp. její hodnoty mírně postupně klesaly, jednalo se o jednotky, lze tedy říci, že se udržela na hodnotách, které stále zaručují bezproblémový chod a dostatečnou mazací schopnost i při vyšším tepelném zatížení. Pokles viskozity s rostoucí teplotou byl očekáván a docházelo k němu stejně jako uvádí zdroj [8]. Podobně jako u převodových a motorových olejů je popis viskozity závislé na teplotě Newtonovské kapaliny uváděn mnoha autory [3], [6], [18].

Literatura [5] uvádí, že při měření se téměř vždy provádí analýza obsahu sodíku a křemíku, tyto dva prvky jsou ukazatelem zejména obsahu prachových kontaminantů. Zejména sodíkové částice mohou být zvýšené vlivem zimního ošetření komunikací posypovou solí.

Obr. 28 zobrazuje jednotlivě zjištěné prvky, které lze rozdělit na aditiva - bór, kde je patrné v porovnání s novým olejem, že jeho obsah postupně klesá, dále jsou to molybden, který měl taktéž klesající tendenci a mangan, který měl naopak vzrůstající hodnoty, tento fakt lze spojit s opotřebením kovových součástí převodovky, neboť mangan je využíván při výrobě oceli jako deoxidací přísada a čistí samotnou taveninu, nicméně určité množství procentu poté v oceli zůstává. Dále

byly zjištěny otěrové kovy a to nejvíce zastoupené například železo, hliník, měď, olovo a zinek, které se v novém oleji prakticky nevyskytují. Tyto kontaminanty ovlivňují celkovou hustotu upotřebení oleje a značí materiálové opotřebení zejména hydrodynamického měniče, ozubených planetových kol a samotných lamelových spojek. Jelikož si společnost ZF přísně tají výrobní procesy, nelze je přesně přiřadit k jednotlivým mechanickým součástím. Lze však předpokládat právě jejich opotřebení.

## 6 Závěr

V této diplomové práci bylo úkolem zhodnotit degradaci hydraulického oleje v automatické převodovce ZF 6HP19, která je montována ve většině modelů bavorské značky BMW. Dále je použita v některých vozidlech koncernu VW. Automatické převodovky jsou podle dostupných informací stále využívanějším pohonem pro motorová vozidla, zejména osobních po celém světě. Stále větší důraz na komfortní jízdu je to vhodná alternativa mechanické převodovky, dříve nebyla vozidla s automatickou převodovkou tak vyhledávána, neboť s sebou nesla vždy i vyšší spotřebu pohonných hmot a celkové jízdní dojmy nebyly na tak vysoké úrovni, jako je tomu dnes. Technologie používané v moderních automatických převodovkách přinášejí dokonce jistou úsporu paliva. Stále přísnější emisní normy mohou časem vozidla s manuální převodovkou vyřadit úplně a nahradit pouze těmi samočinnými.

Se stále vyšším využitím jde ruku v ruce také potřeba údržby tohoto sofistikovaného systému, ještě před několika lety bylo rozšířeno mezi veřejnost, že jsou tyto převodovky zcela bezúdržbové. Z dostupných informací a doporučení odborných firem zabývajících se jejich servisem, je to velký nesmysl. Každý olej podléhá degradaci, navíc zde je velmi důležitým aspektem, neboť plní funkci mazání, přenosu sil, chlazení téměř všech pracovních prostor. Některé části jsou velmi malé a čistota oleje zde hraje velmi významnou roli, dokonce by se dalo říci, že je více citlivá než spalovací motor. Oproti spalovacímu motoru se v pracovním prostoru netvoří karbonové úsady, tudíž je stav a čistota náplně delší dobu na velmi dobré úrovni, nicméně určitě nelze mluvit o doživotní. Pokud bychom se podívali na věc více zblízka, zjistili bychom, že slovo "doživotní" je zde myšleno výrobcem, tak, že po ujetí určitého počtu kilometrů, nebo skončení záruční lhůty, končí i životnost celého vozidla a v případě poruchy si v tomto případě náročnou a nákladnou opravu hradí motorista sám. Z informací získaných v autorizovaných servisech se cena pohybuje průměrně od 50 000,- Kč - 70 000,- Kč u modelu ZF 6HP19.

Doporučení přímo výrobce je provést první výměnu při cca 100 000 najetých km, dále pokračovat podle zatěžení vozidla, za normálních podmínek každých 60 000 km, v případě využívání vozidla za ztížených podmínek, např. tažení vleku, apod. doporučuji dokonce zkrátit interval na 40 000 km.

Při samotné analýze čtyřech vzorků, každý byl odebírán poprvé, tzn. výměna oleje nebyla nikdy předtím provedena. Vzorky byly odebrány při různých kilometrových nájezdech. Byly sledovány míry zejména hustoty, viskozity, dále se využilo atomové emisní spektrografie a měření smykového napětí. Metody nám stanovily taktéž obsahy jednotlivých prvků obsažených v použitém oleji, které byly poté srovnávány s novým olejem zakoupeným od výrobce.

Zpracované výsledky mluví samy za sebe a míra degradace je zjevná, největší stupeň degradace dle analýzy obsahu kovových částic byl u vozidla s najetými 187 000 km, které bylo provozováno nejvíce v městském provozu, kde dochází velmi často k řazení jednotlivých převodových stupňů, častým rozjezdům a tím pádem k vyššímu opotřebení. Na druhém místě v obsahu zejména kovových prvků byl vůz s najetými 250 000 km, dále následoval vzorek z vozidla s počtem najetých km 333 000 km, zde byla automatická převodovka ve velmi dobrém stavu i při vysokém nájezdu, můžeme tvrdit, že dálniční provoz má velmi příznivý vliv na životnost oleje, jelikož se olej lépe chladí vlivem nárazového chlazení skrze výměník tepla, zde jsou časté řazení převodových stupňů a rozjezdy eliminovány na minimum. Nejmenší obsah otěrových kovů měl vzorek z vozidla, které mělo také nejmenší kilometrový nájezd, teprve 105 000 km, zde byl pouze vyšší obsah vápníku, což můžeme považovat dle dostupných zdrojů taktéž za kontaminant, nikoli však z mechanického opotřebení převodovky.

Lze konstatovat, že stáří, počet najetých kilometrů a zejména v jakém režimu se vozidlo provozuje ovlivňuje celkově stav automatické převodovky. Pokud se náplň nemění, dochází stále k většímu obsahu otěrových látek v cirkulujícím oleji, tím pádem není filtrační zařízení již spolehlivě ty nejmenší částice odfiltrovat a vlivem jejich abrazivních vlastností dochází k většímu opotřebení. Čím více je automatická převodovka zatěžována řazením, rozjezdem v městském provozu, tím více by jí měla být věnována patřičná péče a kvalitní servis.

Tato diplomová práce hodnotí problematiku degradací hydraulických převodových olejů provozem v automatické převodovce na praktickém experimentu na několika odebraných vzorcích dle jejího zadání.



## 7 Seznam použité literatury

- [1] AutoExpert: časopis profesionálů v autoopravárenství. Praha: ISSN 1211-2380.
- [2] EDITED BY THEO MANG AND WILFRIED DRESEL. *Lubricants and lubrication*. 2nd ed. Completely rev. and extended ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2007. ISBN 9783527314973.
- [3] FRISO Dario., and BOLCATO Filippo., 2004, Rheological properties of some newtonian food liquids. *Rivista di Ingegneria Agraria*. 2, P. 75–80.
- [4] GUO Bing., LYONS William. and GHALAMBOR Ali., 2007, Petroleum production engineering. Elsevier Science and Technology Books.
- [5] HELEBRANT, František, Jiří ZIEGLER a Daniela MARASOVÁ. *Technická diagnostika a spolehlivost*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7078-883-6.
- [6] HLAVÁČ, Peter. 2007, The rheologic properties of dark beer. *Proceedings of Research and Teaching of Physics in the Context of University Education*, Nitra, 5–6.6.2007, P. 169–175.
- [7] KUMBÁR, Vojtěch., -- Votava, Jiří. Differences in engine oil degradation in spark-ignition and compression-ignition engine. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2014; 16 (4): 622–628.
- [8] KUMBÁR, Vojtěch., -- DOSTÁL, Petr. -- GLOS, Josef. -- ČORŇÁK Štefan. Degradation of liquid lubricants in the mobile thresher. In: *Deterioration, dependability, diagnostics*. 1. vyd. Brno: University of defence, 2012. s. 39--49. ISBN 978-80-7231-886-5.
- [9] KUMBÁR, Vojtěch., Petr DOSTÁL., Jiří ČUPERA., a Arturas SABALIAUSKAS. *KINEMATIC VISCOSITY OF FOUR-STROKE ENGINE OILS* [online]. [cit.2017-0509].

- [10] MÁCHAL, Pavel., -- TKÁČ, Zdenko., -- MAJDAN, Radoslav., -- STANČÍK, Bohuslav., -- ABRAHÁM, Rudolf., -- ŠTULAJTER, Ivan., -- ŠEVČÍK, Peter., -- RÁŠO, Milan., Design and verification of additional filtration for the application of ecological transmission and hydraulic fluids in tractors. Acta Universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis = Acta of Mendel University of agriculture and forestry Brno = Acta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. 2013. sv. 61, č. 5, s. 1305--1311. ISSN 1211-8516
- [11] [online]. <http://m.mmspektrum.com/clanek/model-treni-jako-nastroj-pro-konstruktery>
- [12] [online]. [https://www.preol.cz/data/blob/storage-application\\_pdf-20160920022521-2525-zprava-preol-2013-2014.pdf](https://www.preol.cz/data/blob/storage-application_pdf-20160920022521-2525-zprava-preol-2013-2014.pdf)
- [13] [online]. [cit.2015-04-01]. Oleje.cz, *Vlastnosti olejů – otěrové kovy*, <http://www.oleje.cz/>
- [14] [online]. [cit.2017-05-06]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/11/11-jmd36.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/11/11-jmd36.pdf)
- [15] [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.all-trans.by/assets/site/files/zf/6hp19-26.pdf>
- [16] [online]. <http://m.mmspektrum.com/clanek/model-treni-jako-nastroj-pro-konstruktery>
- [17] Pemit, *Monitorování mazacích olejů*, [online]. [cit. 2015-04-01]. <http://www.pemit.cz/>
- [18] Severa Libor., and Los Josef., 2008, On the influence of temperature on dynamic viscosity of dark beer. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2, P. 303–307.
- [19] ZEHNÁLEK, Josef. *Chemie, paliva, maziva*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-314-0.
- [20] *Запчасти для АКПП Минск - запчасти для автоматической коробки передач* [online]. Copyright © [cit. 22.05.2017]. Dostupné z: <http://www.all-trans.by/assets/site/files/zf/6hp19-26.pdf>