



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**PRŮMYSLOVÉ OLEJE A PLASTICKÁ MAZIVA VE  
STAVEBNÍCH A ZEMĚDĚLSKÝCH STROJÍCH**

INDUSTRIAL OILS AND GREASES IN CONSTRUCTION AND AGRICULTURAL MACHINERY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Rudolf Štáva

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2020



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Rudolf Štáva</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.</b>
Akademický rok:	2019/20

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

### **Průmyslové oleje a plastická maziva ve stavebních a zemědělských strojích**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Charakteristické vlastnosti a možnosti využívání průmyslových olejů (hydraulických, převodových apod.) a plastických maziv ve strojích pro zemní práce a zemědělských strojích, zejména s ohledem na šetrnost k životnímu prostředí. Porovnat biologicky odbouratelné a ropné produkty. Stanovit podmínky pro snížení ekologické zátěže krajiny v důsledku poruch strojů.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Charakteristické vlastnosti průmyslových olejů a maziv ve stavebních a zemědělských strojích.  
Porovnání biologicky odbouratelných a ropných olejů a maziv.  
Vytvoření metodiky volby průmyslových olejů a maziv ve stavebních a zemědělských strojích.

#### **Seznam doporučené literatury:**

ŠKOPÁN, Miroslav. Hydraulické pohony strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2009. [cit. 1. 10. 2018]. Dostupné z <https://www.vutbr.cz/studis/student.phtml>.

ČSN EN ISO 6743-4. Maziva, průmyslové oleje a příbuzné výrobky (třída L) - Klasifikace - Část 4: Skupina H (Hydraulické systémy). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 12 s.

ČSN EN ISO 12922. Maziva, průmyslové oleje a příbuzné výrobky (třída L) - Skupina H (Hydraulické systémy) - Specifikace hydraulických kapalin pro kategorie HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR a HFDD. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 24 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce obsahuje charakteristické vlastnosti olejů a plastických maziv ve strojích pro zemní práce a zemědělských strojích. Obsahuje rozdělení, klasifikaci a postupy pro výběr správného oleje či maziva. Dále se zaměřuje na porovnání biologicky odbouratelných a ropných olejů a maziv.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Průmyslové oleje, plastická maziva, hydraulické kapaliny, čistota oleje, zemědělské stroje

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis contains the characteristic qualities of oils and greases in the machines for groundwork and in agricultural machinery. It deals with the division, classification and procedures for choosing the right oil or grease. Further focuses on comparison with biologically degradable and crude oils and greases.

## **KEYWORDS**

Industrial oils, greases, hydraulic liquid, oil purity, agricultural machinery

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTÁVA, Rudolf. *Průmyslové oleje a plastická maziva ve stavebních a zemědělských strojích*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124303>.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 52 s. Vedoucí práce Miroslav Škopán.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. června 2020

.....

Rudolf Štáva

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za dobré rady a připomínky k mé bakalářské práci. Dále bych poděkoval zaměstnancům ZD Klučov a to konkrétně Pavlu Sýkorovi, který mi zajistil potřebné materiály k vypracování bakalářské práce. Na závěr bych poděkoval i firmě PARAMO, a. s., z jejichž katalogů jsem vyčetl důležité informace pro výběr různých průmyslových maziv.

# OBSAH

Úvod.....	11
<b>1 Průmyslový olej.....</b>	<b>12</b>
1.1 Vlastnosti kapalin (olejů).....	12
1.1.1 Viskozita.....	12
1.1.2 Měrná hmotnost (hustota).....	14
1.1.3 Měrný objem .....	14
1.1.4 Objemová stlačitelnost .....	14
1.1.5 Modul objemové pružnosti kapaliny .....	14
1.1.6 Objemová (teplotní) roztažnost kapalin .....	15
1.1.7 Mazivost a ochrana proti korozi .....	15
1.1.8 Detergentní a disperzentní vlastnosti.....	15
1.1.9 Oxidační stabilita.....	16
<b>2 Druhy olejů.....</b>	<b>17</b>
2.1 Minerální olej (ropné oleje) .....	17
2.2 Syntetické oleje.....	17
2.3 Polosyntetické oleje .....	18
<b>3 Rozdělení průmyslových olejů podle klasifikace (SAE, API).....</b>	<b>19</b>
Rozdělení průmyslových olejů podle účelu.....	19
3.1 Převodový olej .....	19
3.1.1 Viskozitní klasifikace podle SAE.....	20
3.1.2 Klasifikace převodových olejů podle SAE J306 .....	20
3.1.3 Výkonnostní klasifikace podle API – převodové oleje .....	20
3.1.4 Příklady nejpoužívanějších převodových olejů:.....	21
3.1.5 Postup při výběru správného převodového oleje.....	21
3.1.6 Metodika volby převodového oleje v zemědělských a stavebních strojích.....	22
3.2 Hydraulický olej .....	23
3.2.1 Druhy hydraulických olejů .....	23
3.2.2 Metodika volby hydraulického oleje v zemědělských a stavebních strojích.....	24
3.3 Ložiskový olej.....	25
3.3.1 Metodika volby ložiskového oleje v zemědělských a stavebních strojích .....	27
3.4 Kompresorový olej .....	27
3.4.1 Pístové kompresory .....	28
3.4.2 Lamelové kompresory .....	28
3.4.3 Šroubové kompresory.....	28
3.4.4 Metodika volby kompresorového oleje v zemědělských a stavebních strojích..	29
<b>4 Čističe olejů .....</b>	<b>30</b>
4.1 Umístění filtrů.....	30
4.2 Čističe v převodových a hydraulických olejích .....	30
<b>5 Čistota oleje podle ČSN ISO 4406.....</b>	<b>34</b>
5.1 Kód podle ISO 4406 .....	34
5.2 PŘÍRAZENÍ KÓDOVÝCH ČÍSEL.....	35
5.3 Grafické vyjádření .....	36

---

<b>6</b>	<b>Biologická odbouratelnost olejů.....</b>	<b>37</b>
6.1	Biologicky rozložitelná kapalina.....	37
6.2	Schéma biologické odbouratelnosti podle CEC-L-33-T82.....	38
6.3	Schéma biologicky odbouratelných kapalin.....	39
6.4	Příklady biologicky snadno rozložitelných olejů.....	39
6.4.1	Hydraulické oleje.....	39
6.4.2	Převodové oleje.....	39
<b>7</b>	<b>Plastické mazivo.....</b>	<b>40</b>
7.1	Popis označení plastických maziv.....	41
7.2	Metodika volby plastických maziv v zemědělských a stavebních strojích.....	44
	<b>Závěr.....</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>46</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>47</b>
	<b>Citovaná literatura.....</b>	<b>48</b>
	<b>Seznam použitých zkratk.....</b>	<b>51</b>
	<b>Seznam použitých symbolů.....</b>	<b>52</b>

## ÚVOD

Bakalářskou práci na toto téma jsem si vybral, protože mám k zemědělství blízký vztah a průmyslové oleje a plastická maziva jsou zde běžně využívány. Kvalitní oleje a plastická maziva jsou jednou z důležitých součástí v průmyslu, jak ho známe dnes. Bez těchto produktů, by v současnosti nemohlo fungovat téměř nic. Za cíl mé bakalářské práce jsem si vytýčil stručný popis a metodiku vhodné volby využití olejů a plastických maziv ve stavebních a zemědělských strojích. V práci jsem zohlednil i použití biologicky odbouratelných olejů, které mohou nahradit ropné oleje a maziva, pro snížení ekologické zátěže krajiny a zlepšení životního prostředí. Věřím, že moje práce poslouží jako zdroj přehledných informací pro uživatele, kteří se touto problematikou zabývají.

# 1 PRŮMYSLOVÝ OLEJ

Je velmi důležitou kapalinou ve všech osobních vozidlech a pracovních strojích. Jeho hlavní funkcí je mazání, těsnění, odvod tepla vzniklého třením a provozními podmínkami, umožnění provozu za velmi vysokých i nízkých teplot, zabraňování tvoření nečistot a jejich usazování a udržení stejných vlastností po celou dobu životnosti. Vlastnosti, na které je brán velký zřetel jsou viskozita, mazivost a korozivzdornost, detergentní a disperzní vlastnosti a oxidační stabilita. Další velmi důležité vlastnosti jsou nízký bod tuhnutí; nízká stlačitelnost, s tím je spojena pěnivost oleje. Vlastnosti oleje se posuzují bez přítomnosti vzduchových bublinek. Vzduchové bublinky se v oleji vyskytují až při provozu, např. při sání, díky podtlaku, může vznikat tvoření bublinek. [1] [2]

Oleje se dělí podle výroby a vlastností složení do 3 skupin: minerální (ropné), polosyntetické a syntetické. Používají se převodovkách, v hydraulických zařízeních, ale i například jako obráběcí nebo řezná kapalina.

Dále se oleje mohou dělit podle jejich účelu použití na převodové, hydraulické, řezné, ložiskové, kompresorové, transformátorové atd.

## 1.1 VLASTNOSTI KAPALIN (OLEJŮ)

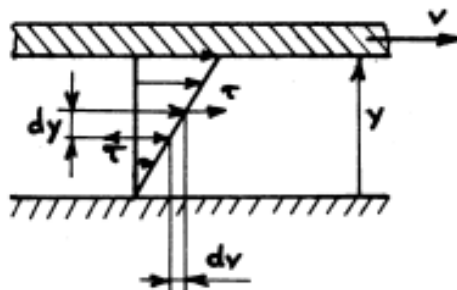
### 1.1.1 VISKOZITA

Viskozita je vnitřní odpor kapaliny mezi molekulami, je závislá na okolních podmínkách a není konstantní veličinou. Čím vyšší bude teplota, tím menší bude viskozita kapaliny. Čím vyšší však bude tlak, tím vyšší bude viskozita kapaliny. Ve většině případů, se ale tlak zanedbává. Ideální kapalina má nulovou viskozitu (supratekutina). Kapaliny, které nemají nulovou viskozitu se nazývají vazké kapaliny (viskózní). [3] [4] [5] [6]

#### Pro laminární proudění platí:

Kapalina proudící v trubici nemá ve všech místech stejnou rychlost. Částice kapaliny, které jsou uprostřed trubice mají největší rychlost, zato částice, které se nachází u stěny potrubí, mají rychlost nejmenší. Aby se kapalina začala pohybovat v trubici, je potřeba na ni působit vnější silou. Tato síla musí být větší, než síla vnitřního odporu (tření). Síla působící mezi 2 destičkami (vrstvičkami) o ploše  $S$ , vzdáleny jsou od sebe  $dx$  a rychlosti se od sebe liší  $dv$ , má vztah:

$$F_{\tau} = \eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx} [N] \quad (1)$$



Obrázek 1: Rychlostní profil toku v kapalině [5]

Viskozita se dělí na viskozitu **dynamickou** a **kinematickou**.

**a) Dynamická viskozita**

Konstanta úměrnosti mezi gradientem rychlosti mezi dvěma sousedními vrstvami proudící kapaliny a tečným napětím (působí ve směru x). Síla tření vzniklá mezi dvěma vrstvami proudící kapaliny, které se stýkají plochou  $1 \text{ m}^2$  a jejich rychlostní rozdíl je  $1 \text{ ms}^{-1}$ . Dříve se tato veličina udávala v Poisech ( $1 \text{ Poise} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ). [7]

Výpočet:

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} [\text{Pa} \cdot \text{s}] \quad (2)$$

$\tau$  – tečné napětí

$\frac{dv}{dy} = \dot{\gamma}$  – gradient rychlosti

Pozn.: Převrácená hodnota dynamické viskozity je TEKUTOST

$$\varphi = \frac{1}{\eta} \quad (3)$$

**b) Kinematická viskozita**

Je to podíl dynamické viskozity a měrné hustoty. [7]

Výpočet:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4)$$

$\rho$  – měrná hustota (hustota kapaliny)

$\eta$  – dynamická viskozita

Tento vztah platí pro většinu kapalin. Tyto tekutiny se nazývají newtonovské tekutiny. U nich dynamická viskozita nezávisí na gradientu rychlosti. Jsou i anomální tekutiny, kde je viskozita na gradientu rychlosti závislá. Takové tekutiny se nazývají nenewtonovské.

## Newtonská kapalina

Je to kapalina, která se řídí newtonovskými zákony. Při laminárním toku má závislost mezi tečným napětím a rychlostním gradientem. Newtonské kapaliny jsou všechny plyny, většina čistých kapalin a některé roztoky.

## Nenewtonská kapalina

Je to kapalina, která se neřídí newtonovskými zákony. Poměr tečného napětí a rychlostního gradientu není konstantní, závisí na hodnotě rychlostního gradientu.

### 1.1.2 MĚRNÁ HMOTNOST (HUSTOTA)

Znamená to, kolik kilogramů látky je na 1 metru krychlovém. Značíme ji řeckým písmenkem [ró] -  $\rho$  [5] [8]

Vztah:

$$\rho = \frac{m}{V} [kg \cdot m^{-3}] \quad (5)$$

### 1.1.3 MĚRNÝ OBJEM

Jedná se o objem jednotky hmotnostní látky. Měrný objem je převrácená hodnota hmotnosti měrné (hustoty). [5] [9]

Vztah:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} [m^3 \cdot kg^{-1}] \quad (6)$$

### 1.1.4 OBJEMOVÁ STLAČITELNOST

Poměrná změna objemu kapaliny  $\Delta V/V$  připadající na jednotku změny tlaku. [5]

Vztah:

$$\beta = -\frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\Delta p} [Pa^{-1}] \quad (7)$$

### 1.1.5 MODUL OBJEMOVÉ PRUŽNOSTI KAPALINY

Jedná se o převrácenou hodnotu objemové stlačitelnosti. Podobně jako modul pružnosti E v mechanice pružných těles (pružnost a pevnost) [5]

Vztah:

$$K = \frac{1}{\beta} = -V \cdot \frac{\Delta p}{\Delta V} [Pa] \quad (8)$$

**Hodnoty běžných kapalin:**

$$Voda = 2100 \text{ MPa}$$

$$\text{Minerální olej} = 1400 \div 1800 \text{ MPa}$$

**1.1.6 OBJEMOVÁ (TEPLOTNÍ) ROZTAŽNOST KAPALIN**

Kapaliny užívané v hydraulických mechanismech mají takřka pořád stejnou teplotní roztažnost. Teplotní roztažnost vyjadřuje proměnlivost objemu za určité teploty při stálém tlaku. [5]

Vztah:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\Delta \vartheta} [\text{MPa}] \quad (9)$$

$\Delta \vartheta$  – změna teploty kapaliny

**Hodnoty běžných kapalin**

$$\text{Minerální oleje} - \gamma = 65 * 10^{-5} \text{ až } 75 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Biologicky odbouratelné oleje} - \gamma = 90 * 10^{-5} \text{ až } 100 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

**1.1.7 MAZIVOST A OCHRANA PROTI KOROZI**

Olej musí splňovat všechny funkce, které jsou od něho očekávány pro správný chod strojů. Mezi ně patří i mazivost a korozivzdornost. Správný olej by měl mít především co nejlepší mazací schopnosti. Tato vlastnost je snadno splnitelná, protože všechny oleje (ropné i syntetické) zaručují dobrou mazivost při normálních podmínkách. Při mazání ve ztížených podmínkách se např. u převodových olejů přidávají vysokotlaké mazivostní přísady. Avšak není pravda, že čím víc mazivostních přísad, tím lépe. Při nadbytku přísad může být povrch kovu napaden natolik, že hrozí vznik koroze. Proti účinkům koroze se chráníme tzv. alkalickou rezervou (součást všech detergentních přísad olejů). [10]

**1.1.8 DETERGENTNÍ A DISPERZENTNÍ VLASTNOSTI**

Detergentní přísady zabraňují, aby se např. v motoru usazoval kal nebo karbonové nánosy. Olej neustále čistí mazaný povrch, kde se vytváří tyto nečistoty. Disperzentní přísady nám slouží k tomu, aby částičky nečistot byly stále ve vzduchu a nemohly se nikde znovu usadit. Typickými nečistotami jsou prachové částice, oxidační degradace atd. [10]

### 1.1.9 OXIDAČNÍ STABILITA

Olej je vždy v provozu oxidačně namáhán, někde více, někde méně, ale k oxidaci dochází vždy. Degradovaný olej oxidací ztrácí své důležité základní vlastnosti, např. zhoršují se viskozitní vlastnosti. Mazací oleje jsou chráněny proti oxidaci přísadami (antioxidanty). Poté co se z oleje odstraní veškeré antioxidační přísady, dojde k oxidačnímu napadení a rychlé degradaci oleje. Oxidační napadení zhoršuje všechny vlastnosti mazacích olejů. [10]

## 2 DRUHY OLEJŮ

### 2.1 MINERÁLNÍ OLEJ (ROPNÉ OLEJE)

V dnešní době se málokdy setkáme s čistým nebo syntetickým olejem. Preferují se především oleje na minerální bázi, do kterých se přidávají zušlechťující prvky. Minerální olej se vyrábí ve velkých množstvích a je dostupný jako lehký nebo těžký minerální olej. [11]

#### Výroba minerálního oleje

Získává se destilačním procesem ze surové ropy (rektifikace). Tento olej je produktem frakční destilace ropy (proces rozdělování složek směsi, v tomto případě ropy). Minerální olej je složen z alkanů (uhlovodíky s jednoduchými vazbami mezi atomy vodíku) a cyklických parafinů (příbuzný s vazelínou). Výrobním procesem se odstraňují nestálé tepelné látky, které znečišťují namáhaná místa. Chemické uspořádání a viskozita se liší podle důkladnosti na frakční destilaci. Správný obsah síry, viskózní index a obsah nasycených uhlovodíků je měřítkem kvality minerálního oleje. Čím více uhlovodíků a méně síry, tím je olej kvalitnější.

#### Vlastnosti a využití minerálního oleje

Jejich velké plus je např. vysoký stupeň kompatibility s elastomery (pružné syntetické materiály) a zvýšená odolnost vůči hydrolyze (rozkladná reakce, při které se používá voda). Často se využívá jako obráběcí kapalina k obrábění na univerzálních obráběcích strojích. Při dnešním pokroku destilace ropy (frakce) není velký rozdíl mezi syntetickým a minerálním olejem.

### 2.2 SYNTETICKÉ OLEJE

Výroba syntetických olejů sahá, až do 40 let minulého století. První syntetická maziva (oleje) přichází na trh, ale až v 60. letech od americké společnosti CHEVRON. [12]

#### Výroba syntetických olejů

Základem je ropa, kterou po vytěžení zbavíme veškeré vody, soli a řady dalších nečistot. Avšak ropa není jediným základem pro výrobu syntetických olejů. Dalším základem mohou být chemické sloučeniny, které se uměle vyrábějí z jiných látek, než je ropa.

Výroba probíhá chemicko-technologickým procesem. Při destilaci se snažíme odstranit pouze nepotřebné složky a základní strukturu zanechat. Velice důležité jsou mazivové třídy syntetických esterů (organické sloučeniny, ve kterých je – OH skupina nahrazena organickým zbytkem vzniklým z alkoholu po odštěpení vodíku z OH skupiny), které pomáhají chránit proti korozi. Dále velice významným prvkem jsou syntetické uhlovodíky s velmi dobrými chemickými i tepelnými vlastnostmi.

### **Výhody, nevýhody a využití syntetického oleje**

Syntetické oleje mají výborné uplatnění v průmyslových strojích.

Výhody těchto olejů jsou:

- Odolnost proti oxidaci
- Delší interval výměny oleje
- Vyšší viskózní stupeň
- Menší spotřeba paliva
- Olej cirkuluje rychleji při studeném startu

Nevýhody těchto olejů jsou:

- Vyšší cena, než u minerálních olejů
- Mohou poškodit životní prostředí

## **2.3 POLOSINTETICKÉ OLEJE**

Jinak se nazývají jako semisyntetické oleje nebo syntetické směsi. Olej není složen z poloviny minerálního a z poloviny syntetického oleje. Jsou to spíše oleje, které jsou z větší části buď minerální nebo syntetické a jsou doplněny pouze určitými prvky. Stejně jako oleje syntetické se na trhu objevily asi v 60. letech 20. století. [13]

### **Výroba polosyntetického oleje**

Hlavní složkou výroby je minerální základ, který je vyrobený syntetickou cestou. Dalšími přísadami jsou složky syntetických olejů specifického složení, které se přimíchávají do minerálního základu. Polosyntetické kvalitní oleje obsahují až 65% obsahu syntetiky. Aby olej mohl nést název polosyntetický, stačí však pouze 20% obsahu syntetiky. Takto smíchaný olej, musí projít procesem aditivace, který zlepšuje olejové vlastnosti. Při výrobě polosyntetických olejů se snažíme najít co nejlepší možné spojení syntetické a minerální báze v rámci jednoho produktu.

### **Využití a vlastnosti polosyntetického oleje**

Využívají se v mechanických převodovkách. Například oleje SAE 75W, které jsou určeny jako celoživotní náplně, právě do těchto převodovek.

### 3 ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH OLEJŮ PODLE KLASIFIKACE (SAE, API)

Toto rozdělení se používá především u olejů převodových a hydraulických.

#### Klasifikace podle SAE (Society of Automotive Engineers)

Je to klasifikace viskózní. Při výběru oleje je vůbec nejdůležitější jeho viskozita. Značení podle normy SAE říká, jakou viskozitu bude mít olej při různých teplotách a v jakých teplotách je možné určitý druh oleje bezpečně použít. Norma SAE má 6 zimních a 5 letních tříd. Letní třída nám garantuje, při jaké nejvyšší teplotě je možné bezpečně užití oleje, značí se pouze číslem. Zimní třída určuje, v jakých nejnižších teplotách může olej bezproblémově pracovat, značí se písmenem „W“ (Winter). [14] [15]

#### Klasifikace podle API (American Petroleum Institute)

Klasifikace API je klasifikací výkonnostní a o oleji vypoví, jaký má stupeň užitečných vlastností (výkonnost). Při jakých zatíženích je vhodné určité druhy olejů použít. [14] [15] [16]

### ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH OLEJŮ PODLE ÚČELU

- Převodový olej
- Hydraulický olej
- Řezný olej
- Ložiskový olej
- Kompresorový olej aj.

#### 3.1 PŘEVODOVÝ OLEJ

Převodový olej plní následující funkce:

- Mazání
- Těsnění
- Chlazení
- Čištění
- Konzervační
- Tlumí rázy

Převodový olej se nesmí používat na mazání spalovacích motorů, ale motorový olej v některých případech jde použít jako olej k mazání převodů. Tyto oleje jsou rozšířeny o klasifikace jednotlivých výrobců převodovek (ZF, MAN), kromě klasifikací výše zmíněných.

Při pohledu na barvu a vzhled oleje, se dá určit, jestli je olej potřeba vyměnit, či nikoli. Olej může být znečištěn např. vodou atd. [14]

### 3.1.1 VISKOZITNÍ KLASIFIKACE PODLE SAE

Značení převodových olejů, které se využívá v zimním období za nižších teplot je 70W, 75W, 80W, 85W (4 třídy). Značení převodových olejů, které se využívá v letním období za vyšších teplot je 90, 140, 250 (3 třídy).

Jsou zde používány i převodové oleje moderní, které jsou vhodné v zimním i letních obdobích, tzv. „celoroční oleje“, stejně jako u olejů motorových.

Značí se např. SAE 80W-90 (olej splňuje nízkoteplotní požadavky kladené na třídu 80W a vysokoteplotní požadavky kladené na třídu 90 ohledně viskozity. [15])

### 3.1.2 KLASIFIKACE PŘEVODOVÝCH OLEJŮ PODLE SAE J306

Tabulka 1 Klasifikace převodových olejů podle SAE J306 [14]

Viskozitní třída SAE	Doporučená vnější teplota použití (°C)
70W	min. -55
75W	min. -40
80W	min. -26
85W	min. -12
90	max. 50
140	i více než 50
250	i více než 50

### 3.1.3 VÝKONNOSTNÍ KLASIFIKACE PODLE API – PŘEVODOVÉ OLEJE

Označení této normy se skládá ze dvou písmen „GL“ (Gear Lubricant) a čísel od 1 do 6, které udávají výkonnostní stupeň [14] [17]

Tabulka 2 Výkonnostní klasifikace podle API - převodové oleje [14]

Výkonnostní třída API	Popis oleje
GL-1	Neaditivovaný olej určený pro manuálně řazené převodovky s nízkým namáháním
GL-2	Jako GL-1, ale určen pro větší namáhání

GL-3	Nízkoaditivovaný olej určený pro středně zatížené manuální převodovky s kuželovými koly
GL-4	Vysoceaditivovaný olej určený pro manuálně řazené převodovky a nápravy s hypoidními převody v osobních a užitkových vozidlech
GL-5	Olej určený pro hypoidní převody v nejtěžších provozních podmínkách s rázovým a proměnným zatížením
GL-6	Olej určený pro hypoidní převodovky pracující v extrémních podmínkách

### 3.1.4 PŘÍKLADY NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH PŘEVODOVÝCH OLEJŮ:

*Tabulka 3 Příklady nejpoužívanějších převodových olejů [14]*

Název (značka)	Viskozitní třída SAE	Výkonnostní třída API	Hlavní využití. Významné vlastnosti.
PP 80	80W	GL 4	Moderní převodovky. Odolává vysokým tlakům, zvýšená trvanlivost.
PP 90	90	GL 4	-dtto-
PP 80W/90	80W-90	GL 4	-dtto-
PP 90H	90	GL 5	Rozvodovky a převodovky s hypoidním soukolím. Odolává značně vysokým tlakům.

### 3.1.5 POSTUP PŘI VÝBĚRU SPRÁVNÉHO PŘEVODOVÉHO OLEJE

- V prvním kroku je důležité řídit se pokyny výrobce stroje, resp. převodovky. Jen výrobce převodovky dokáže doporučit, který olej použít, avšak neprozradí přesnou značku oleje (nedovoluje zákon).
- Jedná-li se o synchronizovanou převodovku, používá se z velké části olej API GL-4. Pro hypoidní převodovky se používají oleje API GL-5. Záměna těchto olejů může poškodit synchronizaci, resp. hypoidní převody.
- U takto doporučených olejů, výrobcí uvádí výměnné lhůty. V případě manuální převodovky se nejčastěji používají náplně celoživotní. [15]

### 3.1.6 METODIKA VOLBY PŘEVODOVÉHO OLEJE V ZEMĚDĚLSKÝCH A STAVEBNÍCH STROJÍCH

1. Při provozu za extrémně nízkých teplot je zapotřebí zvolit olej, který bude plnit svoji správnou funkci i za těchto podmínek. Používá se syntetický olej k mazání velice zatížených převodových ústrojí (převodovky, rozvodovky). Jeho předepsaná výkonová úroveň je API GL-4 nebo GL-5 a využívá se v moderních nákladních automobilech

#### **Příklad převodového oleje při nízkých teplotách od výrobce PARAMO:**

- MOGUL SYNTRANS 75W-90 PLUS
2. Pro manuální synchronizované i nesynchronizované převodovky a vysoce zatížené rozvodovky je dobré použít univerzální převodový olej s viskozitní třídou SAE 80W-90. Je možné ho použít při nízkých teplotách, ale jeho viskozita je stabilní i při běžných nebo vysokých teplotách. Předepsaná výkonová úroveň je API GL-4 nebo GL-5. Používá se v nákladních automobilech nebo dodávkách.

#### **Příklad převodového oleje pro vysoce zatížené manuální převodovky od výrobce PARAMO:**

- MOGUL TRANS 80W-90 PLUS
3. Pro záruku spolehlivého mazání stavebních nebo zemědělských strojů při nízkých, běžných nebo vyšších teplotách je potřeba využít olej, který je určen k mazání širokého spektra extrémně zatížených převodových ústrojí s viskozitní třídou SAE 10W-30 nebo SAE 80W. Jeho bod vzplanutí je kolem 230°C a bod tekutosti okolo -39°C. Předepsaná výkonová úroveň je API GL-4. Jedná se o oleje vyrobené z jakostních ropných základových olejů a speciálních zušlechťujících přísad, které zaručí výborné mazací schopnosti, ochranné vlastnosti proti korozi a vysokou termooxidační stabilitu. [18]

#### **Příklad převodového oleje pro zemědělské a stavební stroje od výrobce PARAMO:**

- MOGUL TRAKTOR UTTO 10W-30
4. V místech, kde hrozí při havárii převodového ústrojí velké ohrožení životního prostředí (lesy, pole, vodní zdroje atd.) je nutno použít biologicky odbouratelný převodový olej. Pro mazání manuálních synchronizovaných i nesynchronizovaných převodovek pro těžká nákladní vozidla se využívá olej s výkonovou třídou API GL-4 a viskozitní třídou SAE 75W-80. Tento olej je vyroben z obnovitelných modifikovaných základních olejů, které vyhovují environmentálním kritériím. [19]

#### **Příklad biologicky odbouratelného převodového oleje od výrobce TOTAL:**

- BIOTRANS BV FE 75W-80

## 3.2 HYDRAULICKÝ OLEJ

Hydraulické oleje plní následující funkce:

- Přenáší energii tlakovou z místa výroby (čerpadlo – hydrogenerátor) k místu přeměny na energii mechanickou (hydromotor).
- Maže pohyblivé vnitřní části (šoupátka, kluzné plochy pístů atd.)
- Chrání před korozi
- Odvádí nečistoty, vodu, otěry i teplo a vzduch (chlazení)

Výkonnostní třídy hydraulických olejů (kapalin) jsou klasifikovány podle normy ISO 6743/4 a 11158 nebo DIN 51524. Značení hydraulických kapalin závisí na původu kapaliny (2-3 písmena) a na viskozitním stupni (2-3 písmena). Dále se značí, podle možného ohrožení vody (WEC – water endenger class = třída vody). Tato stupnice má číslice 0, 1, 2 a 3, kde WEC – 0 -neohrožuje vodu, za to WEC – 3 silně ohrožuje vodu. [15]

### 3.2.1 DRUHY HYDRAULICKÝCH OLEJŮ

#### 3.2.1.1 MINERÁLNÍ OLEJE (WEC – 2)

HH (bez přísad) – Je to nejméně kvalitní olej používaný v ložiskách nebo u zubových hydrogenerátorů.

HL (přísady proti korozi a oxidaci, bez přísad k zmenšení opotřebení) – Jsou tzv. mnohoúčelové oleje. Používají se v hydraulických mechanismech, kde se teplota pohybuje okolo 50°C.

HM (přísady proti opotřebení, pění a modifikátor viskozity) – Kvalitní oleje, které jsou určeny pro vysokotlaké hydrostatické soustavy vybavené pístovými axiálními čerpadly. Používají se i ve strojích, které pracují v nechráněném prostředí po celý rok.

HV (obsahující přísadu zvyšující viskozitní index) – Používá se stejně jako třída HM. Jsou zde ale zvýšeny požadavky na velmi nízkou závislost viskozity na teplotě. Určeno pro stroje, které pracují v různých teplotních rozsazích. [14]

#### 3.2.1.2 EKOLOGICKÉ KAPALINY (WEC – 1)

Oleje vytvořené na bázi rostlinných olejů (řepky).

HETG – triglyceridy

HEE – Syntetické esterové oleje

HPG – polyglykoly

#### Těžkozápalné kapaliny (WEC 0 až 1)

VODA

VODA+OLEJ

VODA+GLYKOL

### 3.2.1.3 PŘÍKLADY UŽÍVANÝCH HYDRAULICKÝCH KAPALIN:

Tabulka 4 Příklady užívaných hydraulických kapalin [14]

Název (značka)	Výkonnostní třída	Viskozitní třída	Hlavní využití. Významné vlastnosti
HL 22	HL	22	Hydraulické
HM 32	HM	32	Hydraulické. Nahrazuje dřívější OT-H 2
HV 46	HV	46	Hydraulické. Příznivá závislost viskozity na teplotě

Hydraulické kapaliny se značí 2 až 3 čísly podle kinematické viskozity v  $\text{mm}^2/\text{s}$  při  $40^\circ\text{C}$  (Viskozitní gradient VG). Oleje výkonnostní třídy HM a HV se nejvíce používají v hydraulických obvodech. V zemědělských strojích se používají oleje ISO VG 32 a 46 (občas i ISO VG 32 a 86)

Oleje mohou mít stejné označení podle SAE i podle ISO VG. Tyto oleje se zaměňovat nemohou. Klasifikace podle SAE a ISO VG jsou viskózní klasifikací, ale nejsou znaky jejich výkonností. Oleje ložiskové nebo oleje hydraulické se stejným označením ISO, při  $40^\circ\text{C}$  budou mít stejnou viskozitu, ale jejich záměna není možná. Například ložiskový olej má hlavní funkci mazání, zato hydraulický olej přenos tlakové energie. Dále třeba bod tuhnutí u ložiskového oleje je jiný než u hydraulického.

### 3.2.2 METODIKA VOLBY HYDRAULICKÉHO OLEJE V ZEMĚDĚLSKÝCH A STAVEBNÍCH STROJÍCH

1. Při provozu hydrostatického mechanismu s vysokým mechanickým a tepelným namáháním je zapotřebí zvolit patřičný hydraulický olej. Jedná se o minerální olej HM, který má zušlechťující přísady proti oxidaci, opotřebením, korozi a pění s viskózním indexem minimálně 100. Dále záleží, v jakých teplotních podmínkách bude olej pracovat. Proto je třeba zohlednit bod vzplanutí, který se pohybuje okolo ( $155\text{--}240^\circ\text{C}$ ) a bod tekutosti, který má hodnoty od  $-21^\circ\text{C}$  do  $-42^\circ\text{C}$ . Využívají se pro mobilní techniku nebo k mazání namáhaných oběhových soustav. [20]

**Příklad hydraulického oleje pro provoz hydrostatického mechanismu s vysokým mechanickým a teplotním namáháním od výrobce PARAMO:**

- PARAMO HM 22
  - PARAMO HM 32
  - PARAMO HM 100 atd.
2. Oleje potřebné pro provoz mechanismů těžkých zemních strojů, které pracují celý rok v různých teplotních provozních podmínkách a vyžadují malou závislost viskozity oleje na teplotě, jsou využívány rafinované ropné oleje se zušlechťujícími přísadami proti

oxidaci, opotřebením, korozi a pěněním, které obsahují striktně stabilní modifikátor viskózního indexu 170. I zde je zapotřebí vzít v úvahu bod vzplanutí (195-230°C) a bod tekutosti (-33 - -39°C) [20]

**Příklad hydraulického oleje pro mechanismus těžkých zemních strojů s velkým rozsahem provozních teplot a malou závislostí viskozity oleje na teplotě od výrobce PARAMO:**

- MOGUL HV 32
- MOGUL HV 46
- MOGUL HV 68

3. V místech, kde hrozí při havárii hydraulického mechanismu velké ohrožení životního prostředí (lesy, pole, vodní zdroje atd.) je nutno použít biologicky odbouratelný hydraulický olej. Druh oleje se dále bude volit podle toho, jaké jsou tlaky v pracovním mechanismu a podle toho, v jakých klimatických podmínkách bude olej pracovat. Pro tento případ je vhodné použít biologicky odbouratelný olej na bázi nasycených syntetických esterů se specifikací HEES s vysokým viskózním indexem, alespoň 160. Tyto oleje jsou schopny dobře pracovat od -20°C do 80°C, krátkodobě zvládají, až 90°C. Používají se ropné produkty skupiny HV a HM. [20]

**Příklady biologicky snadno odbouratelných hydraulických olejů od výrobce PARAMO:**

- MOGUL HEES 32
- MOGUL HEES 46

4. Při zjištění netěsností hydraulického mechanismu se používá speciální prostředek pro zjištění přesného místa úniku oleje, který má modrou barvu. [20]

**Příklad speciálního prostředku pro zjištění místa úniku od výrobce PARAMO:**

- PARAMO INDIKÁTOR

### 3.3 LOŽISKOVÝ OLEJ

Ložiskový olej se používá tam, kde je vysoká frekvence otáčení a už nemůže být použito plastické mazivo. Další vlastnost oleje je odvod tepla z ložisek. Využívá se i tam, kde je vysoká okolní teplota a je nemožné zde použít plastické mazivo. Ložiskový olej nám musí zajistit bezpečné mazání při rozběhu i během provozu ložisek. Pokud použijeme moc oleje, začne zvyšovat svoji teplotu a tím i teplotu v ložisku. Přívod oleje do ložiska je vyřešen kapáním, oběhem oleje, olejovou lázní, rozstříkáním oleje atd. [21]

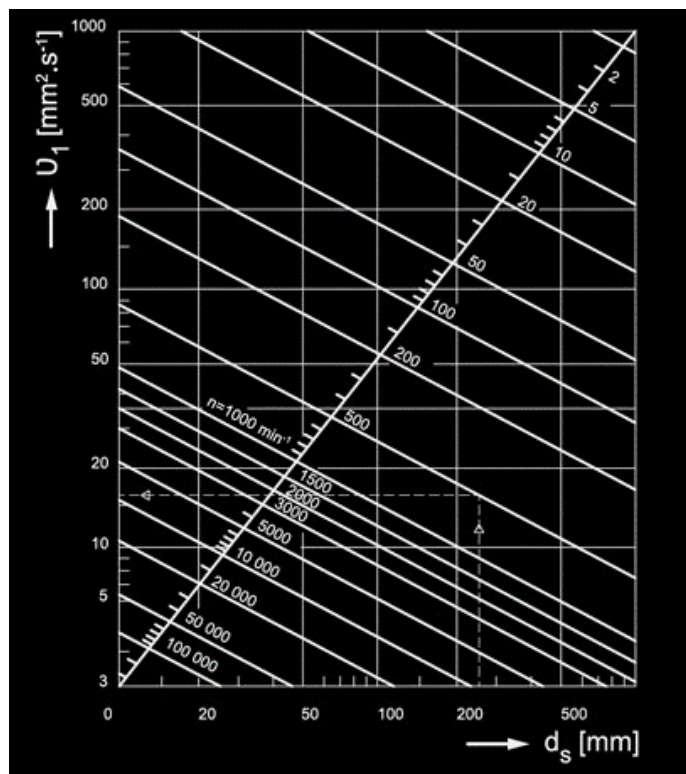
**Ložiskový olej musí plnit tyto funkce:**

- Snížení tření a opotřebení ložiska – aby nedocházelo ke kontaktu ložiskových kroužků, valivých elementů a ložiskové klece
- Prodloužení únavové životnosti
- Odvod tepla z ložiska
- Ochrana proti korozi
- Zabránění vnikání cizích těles do ložiska

Při volbě olejů pro mazání ložisek se většinou volí rafinované oleje, které mají dobrou chemickou stabilitu a ve speciálních případech mohou být doplněny antioxidantními přísadami. Syntetické oleje se využívají při provozu za velice vysokých nebo naopak při velice nízkých teplotách.

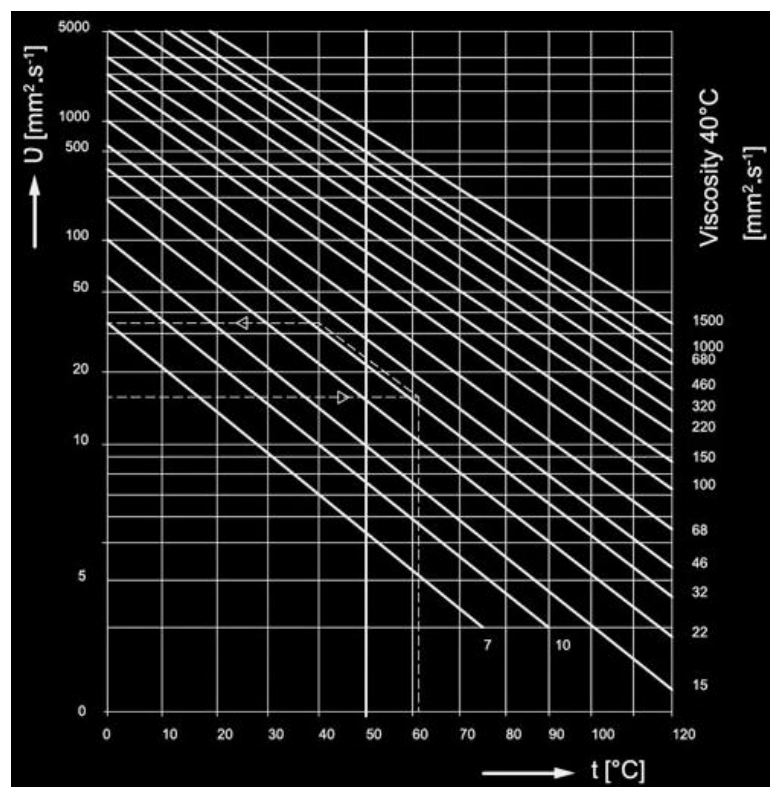
Při stejných pracovních podmínkách soudečková ložiska a kuželíková ložiska mají vyšší provozní teploty, než válečková ložiska nebo kuličková ložiska. To je důležité při výběru vhodného mazacího oleje.

Primární vlastností oleje je kinematická viskozita. Vhodnou viskozitu oleje lze stanovit z diagramu (obrázek 2) v závislosti na středním průměru ložiska  $d_s$  a frekvenci otáčení. [22]



Obrázek 2: Diagram pro vhodnou volbu viskozity oleje [22]

Jestliže známe provozní teplotu určí se z diagramu (obrázek 3) vhodný olej a viskozita při 40°C.



Obrázek 3: Diagram pro vhodnou volbu viskozity oleje při známé teplotě [22]

### 3.3.1 METODIKA VOLBY LOŽISKOVÉHO OLEJE V ZEMĚDĚLSKÝCH A STAVEBNÍCH STROJÍCH

U ložiskových olejů se používají dlouhodobě náplně mazacích soustav strojů, mazání ložisek a nenáročných hydrostatických systémů. Tyto oleje jsou hluboce rafinované ropné oleje se zlepšenou oxidační stabilitou. Volí se podle kinematické viskozity, tj. podle únosnosti mazacího filmu. Kinematická viskozita při 40°C se pohybuje od 4,5 mm<sup>2</sup>/s do 100 mm<sup>2</sup>/s. Jeho viskózní index má hodnotu 95, občas může mít i 90. [20]

**Příklad ložiskového oleje od výrobce PARAMO:**

- PARAMO OL-J32
- PARAMO OL-J46
- PARAMO OL-J68
- PARAMO OL-J100

## 3.4 KOMPRESOROVÝ OLEJ

Olej používaný v kompresorech slouží k mazání válce, ložisek, čepů, vedení atd. Samozřejmě i zde platí, že olej je využit i pro odvod tepla, popřípadě chrání před korozi. Olej je volen podle čistoty nasávaného plynu, vstupního tlaku a teploty na vstupu a výstupu. Kompresorový olej může být degradován oxidací a příměsmi (voda, vzduch, jiný olej). U zemědělských a stavebních strojů se vyskytují jen zřídka.

Skládá se ze základového oleje, stupni rafinace a přísad. Olej musí mít dobrou vlastnost oxidační stability. Stabilitu za provozu ovlivňuje provozní teplota, vzduch, voda nebo jiné

kovové nečistoty, které spouští oxidační reakci. Vhodné přísady ovlivňují velikost působení koroze kondenzované vody a chrání kovové povrchy. Základový olej musí mít velkou odlučivost vzduchu, neboť vzduch snižuje množství oleje dodávaného k rotoru. Kompresorový olej nesmí pěnit, protože zhoršuje těsnící efekt a musí být snášenlivý s konstrukčními materiály. [23]

### Tři nejčastěji použité syntetické oleje

- Polyalkylenglykoly (PAG)
- Polyalfaolefiny (PAO)
- Esterové oleje (POE)

#### 3.4.1 PÍSTOVÉ KOMPRESORY

Olej v pístových kompresorech plní tyto funkce:

- Mazání ložisek
- Mazání válců
- Utěšňuje prostor kolem pístních kroužků a ventilů (vyšší účinnost kompresoru)
- Chladí a chrání před korozí skříní klikové hřídele

#### Požadovaná viskozita při 100 °C:

- Tlak <15 MPa - <12 mm<sup>2</sup>/s
- Tlak <30 MPa - 12-16 mm<sup>2</sup>/s
- Tlak >30 MPa – 16-25 mm<sup>2</sup>/s

Zde jsou použity oleje ISO VG 100, 150 a 220.

#### Typy pístových kompresorů

- a) **Ležaté kompresory** – nevyžadují olej s přidanými zušlechťujícími prvky
- b) **Stojaté kompresory** – vyžadují olej se zušlechťujícími prvky (antioxidant, detergent, protikoroziční přísada a protioděrová přísada)

#### 3.4.2 LAMELOVÉ KOMPRESORY

Olej používaný v lamelových kompresorech musí mít velkou mazací schopnost, kvůli třecí rychlosti a vysokému výtlačnému tlaku. Je vystaven vysoké teplotě (až 110 °C) a lepivým usazeninám, které omezují pohyb lamel. [23]

Zde jsou použity oleje ISO VG 100 a 150

#### 3.4.3 ŠROUBOVÉ KOMPRESORY

Ve šroubových kompresorech jsou dva do sebe zapadající šrouby, které se po sobě odvalují. Kompresor bude pracovat dobře pouze tehdy, když budou šrouby správně mazány. Přímo do stlačeného vzduchu je vstřikován olej. Ve šroubových kompresorech se obzvláště používá

minerální olej. Pokud je olej použit v náročnějším provozu je možné použít polosyntetický nebo syntetický olej. Šroubové kompresory se používají v celé škále průmyslových odvětví, hlavně jsou využity u stavebních strojů. [24]

#### **3.4.4 METODIKA VOLBY KOMPRESOROVÉHO OLEJE V ZEMĚDĚLSKÝCH A STAVEBNÍCH STROJÍCH**

1. Pro chladivové pístové kompresory, které jsou teplotně zatížené jen minimálně se využívá kompresorový olej s kinematickou viskozitou při 40°C 40 mm<sup>2</sup>/s a viskózním indexem 35. Důležitý je zde bod vzplanutí (min. 180°C) a bod tekutosti (-24°C). Teplota na výstupu kompresoru má většinou okolo 100°C. [20]

**Příklad kompresorového oleje pro chladivové pístové kompresory s menší teplotní zatížitelností od výrobce PARAMO:**

- MOGUL ON-3

2. Ve stavebních strojích jsou použity převážně šroubové kompresory. K jejich správné funkci je zde využít rafinovaný naftenický olej s kinematickou viskozitou při 40°C 46 mm<sup>2</sup>/s, který kompresor maže. I zde je důležitý bod vzplanutí (190°C) a bod tekutosti (-33°C). [20]

**Příklad kompresorového oleje pro šroubové kompresory využívané ve stavebních strojích od výrobce PARAMO:**

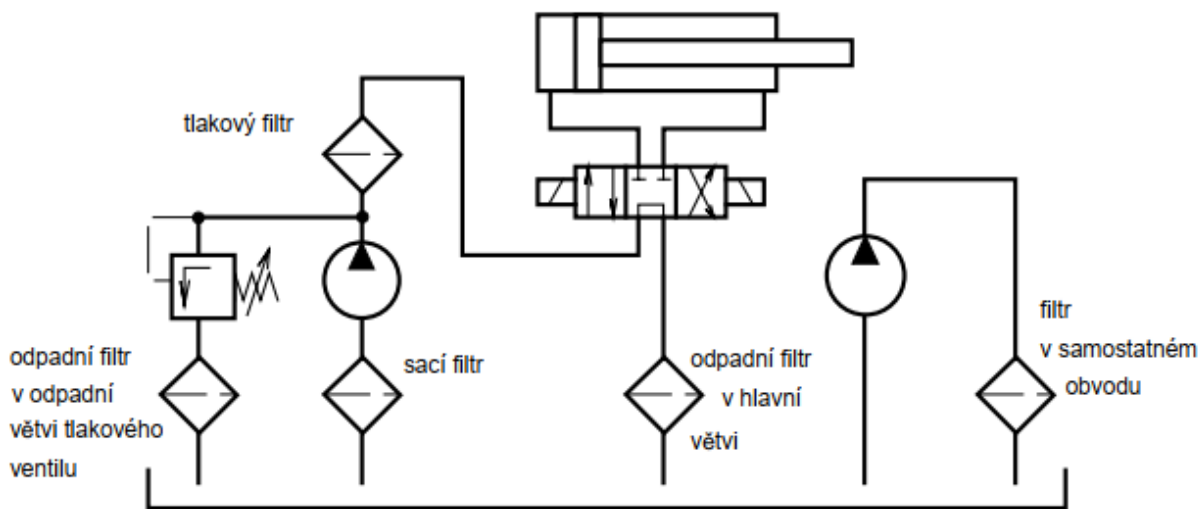
- MOGUL ONF 46

## 4 ČISTIČE OLEJŮ

Správně zvolený systém filtrace oleje zajistí správné fungování jednotlivých prvků a také dlouhou životnost. Dobře navržená a aplikovaná filtrace nám zajišťuje levnou a nenáročnou údržbu. Dále nám minimalizuje nepředvídatelné poruchy, které snižují hospodárnost a spolehlivost stroje. [5]

Filtry rozeznáváme sací, tlakové a zpětné (odpadní).

### 4.1 UMÍSTĚNÍ FILTRŮ



Obrázek 4: Umístění filtrů v hydrostatickém obvodu [5]

Při volbě typu filtru (sací, tlakový, zpětný nebo jejich kombinace) se musí zvážit zejména tyto body:

- Životnost
- Funkce systému
- Jaké prvky jsou v obvodu využity (hydrogenerátory, ventily atd.)
- Citlivost na nečistoty
- Jemnost filtrace udanou výrobcem
- Druh a způsob vzniku nečistot

### 4.2 ČISTIČE V PŘEVODOVÝCH A HYDRAULICKÝCH OLEJÍCH

Způsoby čištění kapalin:

- Konvenční – Mechanické filtry, odstředivky, magnetický odlučovač
- Jiné – Elektrostatické čištění kapalin

### a) Mechanické převodové filtry

Tento filtr pracuje na principu zachytávání nečistot v kapalině průchodem přes porézní materiál. Materiál a řešení konstrukce filtračních vložek jsou různé. Kvůli různým velikostem filtru není přesně dán rozměr zachytávaných částic. Průmyslové filtry udávají zachycení částic o velikosti až 3 mm, pokud je filtr z řady velmi jemných filtrů, může zachytávat i menší. Dnešním standardem je filtrace o velikosti 10 mm. Čím je filtrace jemnější, tím je dražší filtrační vložka a potřebná i častější výměna. [25]

Pro posouzení filtrační úrovně se využívá dvou proměnných:

$\eta_x$  – filtrační účinnost

$\beta_x$  – filtrační koeficient (Stanovuje se pomocí multi – pass testu)

#### Multi-pass test:

$$\beta_x = \frac{N_x - \text{počet částic před filtrem}}{M_x - \text{počet částic za filtrem}} \quad (10)$$

#### Filtrační účinnost:

$$\eta_x = 100 - \frac{100}{\beta_x} (\%) \quad (11)$$

$x$  – velikost sledovaných částic

Především materiál nám udává účinnost filtrace, popřípadě ještě uspořádání filtrační vložky. Nečistoty se zachytávají povrchově i hloubkově. Někteří výrobci uvádějí dokonce i 100% zachycení nečistot. Většinou si však výrobci nechávají malou pojistku před možnými problémy, a proto píší procent jen 99%. Opět platí, čím je lepší filtrační účinnost, tím je filtrační vložka dražší.

#### Výhody mechanických filtrů

- Filtr je součástí dodávky. Jediná povinnost, kterou má uživatel, je včasná výměna filtrační vložky
- Filtrační vložky bývají zejména papírové, takže náklady na výměnu jsou malé



Obrázek 5: Filtr na převodový olej [26]

### a) Magnetické odlučovače

Metodu čištění olejů pomocí magnetického odlučovače vynalezla anglická firma Fluid Conditioning System Ltd. Tato metoda dokáže zachytávat částice už o velikosti 0,07 mm díky silným permanentním magnetům ve tvaru lamel. Zachytávané nečistoty jsou především feromagnetické částice (železo, ocel, kobalt, nikl aj.), ale i částice paramagnetické (měď, bronz atd.). Díky adhezi a jevu heterokoagulace (smíchání dvou elektrostaticky stabilních roztoků s opačným nábojem částic) se zachytí i nemagnetické částice. Velkou výhodou magnetických odlučovačů je fakt, že chycené částice se usazují mezi lamelami, tudíž nedochází k zanášení průtočných kanálů a tím zvýšení tlakových ztrát na filtru. Zachycené částice se dají z lamel odstranit tlakovou vodou a znovu použít. Používá se k čištění: mazacího oleje v automobilovém průmyslu, chladicí emulze u obrábění. [25]

### b) Elektrostatické čištění kapalin (ELC – Electrostatic Liquid Cleaning)

Tento způsob čištění se úplně liší od běžně užívaných mechanických způsobů filtrace. Liší se v tom, že nečistoty se zachytávají pomocí elektrické energie. [25]

Existují tři druhy nečistot:

- Elektricky pozitivně nabitě částice
- Elektricky negativně nabitě částice
- Elektricky neutrální částice

Přístroje na odlučování nečistot využívají dva jevy: elektroforézu a dielektroforézu. Oba jevy pracují na principu Coulombova zákona.

*Elektroforéza* – jev, kdy jsou v kapalině negativně a pozitivně nabitě částice přitahovány k elektrodám s opačnými náboji. Feromagnetické látky jako je ocelový otěr, rez atd. jsou přitahovány k elektrodám.

*Dielektroforéza* – Zde dochází k deformaci elektrostatického pole a vytvoří se oblast s největší intenzitou tak, že mezi elektrody vložíme dielektrický materiál. Potom elektrostatické pole působí na nerozpustitelné částice v olejích, bez ohledu na tvar, druh a velikost.

Zařízení na elektrostatische čištění kapalin (olejů) se skládá z nádoby, ve které jsou elektrody a kolektory (sběrač), vložky tvarované podle potřeby, na které se chytají částice pomocí elektrostatische síly.

**Výhody:**

- Chytá částice o velikosti 0,05 mm
- Menší tlaková ztráta, než na mechanických filtrech
- Odstraňuje všechny částice jako jsou kaly i neúplně rozpuštěné nečistoty

**Nevýhody:**

- Vysoká cena

## 5 ČISTOTA OLEJE PODLE ČSN ISO 4406

V oleji nebo v hydraulických kapalinách se znečištění pevnými částicemi objevuje vždy. Proto je zapotřebí určit jejich množství, protože nečistoty v hydraulické kapalině mohou zavinit vážné problémy.

ČSN ISO 4406 – „*Tato mezinárodní norma popisuje kód používaný při definování množství pevných částic v kapalině používané v daném hydraulickém kapalinovém systému*“.

Tato norma jednoduše zaznamenává údaje o počtu částic převedením na počet částic v jasných třídách nebo kódech, pokud kód zvýšíme o 1 (jedničku) obvykle to znamená, že znečištění pevnými částicemi by bylo asi o dvojnásobek větší. [27]

### 5.1 KÓD PODLE ISO 4406

Původní kód (podle ISO 4406:1987) byl založen na zápisu ve dvou rozměrech  $\geq 5 \mu\text{m}$  a  $\geq 15 \mu\text{m}$ . Tyto rozměry byly změněny na vykazování použití rozdílného kalibračního etalonu pro optické automatické počítače částic. Zaznamenané rozměry jsou  $\geq 4 \mu\text{m}$ ,  $\geq 6 \mu\text{m}$  a  $\geq 14 \mu\text{m}$ , poslední 2 rozměry odpovídají rozměrům částic  $5 \mu\text{m}$  a  $15 \mu\text{m}$  získaných metodou kalibrace automatických počítačů částic podle ISO 4402:1991. Později je tato norma nahrazena normou ISO 11171:1999.

Částice lze měřit i optickým mikroskopem podle ISO 4407:1991, rozměr částic je roven jeho nejdelšímu rozměru, zatímco automatický počítač částic odvozuje tento rozměr ekvivalentní částice z jejího průřezu plochy. Proto se často hodnota u měření optickým mikroskopem liší.

Počítače částic mohou ovlivnit různé faktory. Mezi tyto faktory patří: odběr vzorku, přesnost počítání částic a čistota vzorkovnice. Je důležité, aby vzorek byl z kapaliny, která se vyskytuje v systému.

Základy kódu

Kód čistoty, který je využíván u automatického počítače částic se skládá ze tří čísel:

1. Počet rovných nebo větších částic než **4**  $\mu\text{m}$  na ml kapaliny
2. Počet rovných nebo větších částic než **6**  $\mu\text{m}$  na ml kapaliny
3. Počet rovných nebo větších částic než **14**  $\mu\text{m}$  na ml kapaliny

Kód pro mikroskopické měření se skládá ze dvou řad čísel používajících  $5 \mu\text{m}$  a  $15 \mu\text{m}$ .

Čísla zjištěné měřením se zapisují jedno po druhém a musí se oddělit šikmým lomítkem.

**PŘÍKLAD KÓDU ČISTOTY:**

22/18/13

Znamená to, že v 1 ml kapaliny se vyskytuje více než 20 000 částic a maximálně 40 000 částic rovných nebo větších než 4  $\mu\text{m}$ . Dále se v kapalině vyskytuje více než 1300 částic a maximálně 2500 částic rovných nebo větších než 6  $\mu\text{m}$  a nakonec více než 40 částic a maximálně 80 částic rovných nebo větších než 14  $\mu\text{m}$ .

Pokud je počet částic příliš vysoký, používáme symbol \*,-

Příklad takového kódu čistoty : \*/19/14 ; -/19/14

**5.2 PŘÍŘAZENÍ KÓDOVÝCH ČÍSEL**

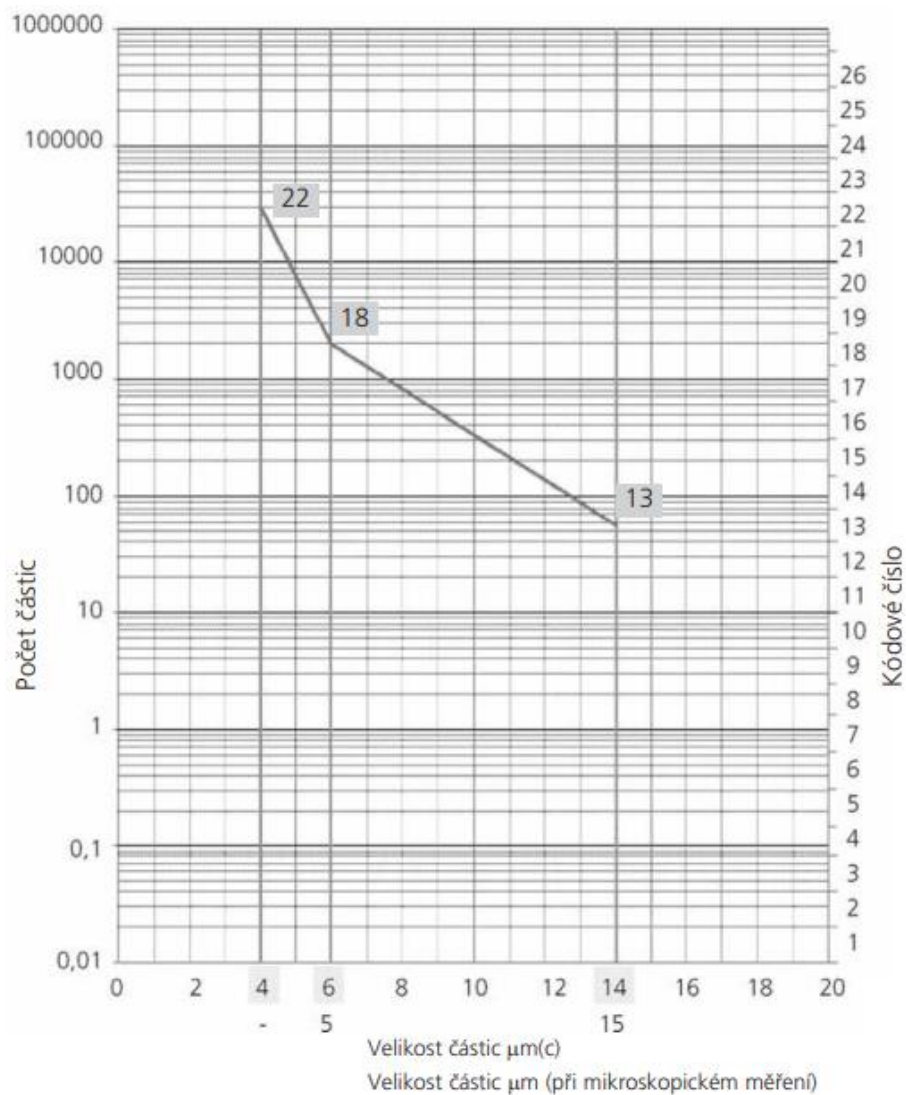
Tabulka 5 Přiřazení kódových čísel – čistota oleje podle ČSN ISO 4406 [27]

Počet částic v mililitru		Kódové číslo
Více než	Do a včetně	
2 500 000		>28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9

1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,01	0

### 5.3 GRAFICKÉ VYJÁDŘENÍ

Příklad: 22/18/13



Obrázek 6: Grafické vyjádření kódu čistoty oleje dle ČSN ISO 4406 [28]

## 6 BIOLOGICKÁ ODBOURATELNOST OLEJŮ

Pro oblast průmyslových maziv je typický nástup nových technologií, které se vyznačují požadavky na vysokou úroveň výkonu používaných maziv. Maziva jsou v provozu vystavena často extrémním podmínkám, přičemž nové aplikace zároveň žádají jejich mimořádnou životnost, prodlužování výměnných intervalů, snižování měrné spotřeby a někdy i multifunkčnost mazací náplně. Důležitou roli hrají i ekologické aspekty, vyžaduje se biologická rozložitelnost maziv, nízká odparnost, nízká produkce emisí a minimální riziko znečištění vody. [29] [30]

Význam těchto olejů je značně důležitý. V dnešní době je zapotřebí se o naše životní prostředí starat, jak nejlépe můžeme. Naše krajina velice trpí znečišťováním okolního prostředí ropnými produkty. Každý rok se jedná až o několik stovek tun oleje, které vytečou do okolí.

Důvody těchto úniků oleje jsou:

- špatné těsnění částí, kde se olej může vyskytovat
- poruchy na hydraulických systémech
- při havárii strojů.

### 6.1 BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÁ KAPALINA

Biologicky odbouratelný olej musí splňovat stejné funkce jako oleje ostatní.

Musí být splněny funkce jako například:

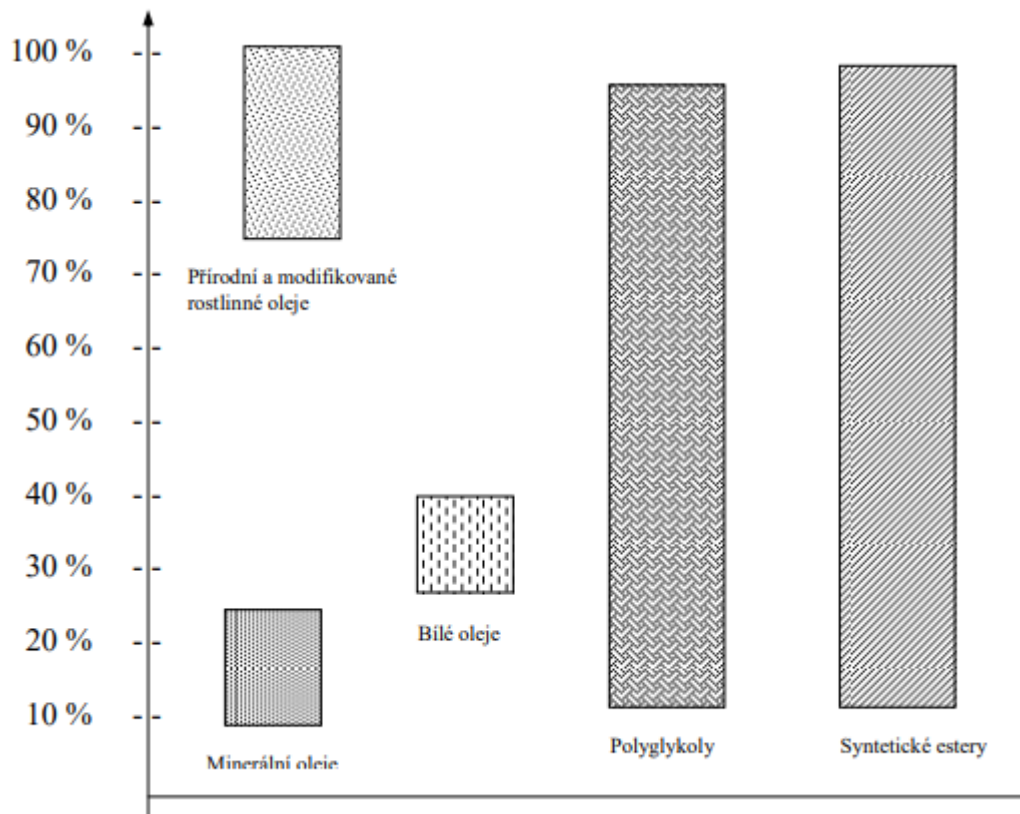
- Mazání
- Těsnění
- Odvádění tepla (chlazení)
- Čištění apod.

Tyto oleje jsou kontrolovány v mnoha bodech, např.: dobré viskózně-tepelné vlastnosti, mazací schopnost, nízký obsah vody (kvůli korozi), bod tuhnutí atd.

Biologicky odbouratelný olej je ten, který není závadný pro své okolí (rostliny, zvěř, vodní zdroje). Toto však není jediné kritérium. Dalším kritériem je rychlost rozkladu. Biologicky odbouratelným olejem, může být nazýván jen ten, který se dokáže za 21 dnů rozložit z 80%. Pro srovnání, běžné minerální oleje se za 21 dní rozloží maximálně z 30 %.

Rychlost rozkladu zde hraje velkou roli. Při úniku biologicky odbouratelné kapaliny se rychle promění ve vodu, biomasu a oxid uhličitý, díky čemuž netrpí okolní prostředí. Pokud však unikne velké množství biologicky rozložitelné kapaliny, například při ekologické havárii, do okolí, je to bráno stejně jako únik různých ropných produktů.

## 6.2 SCHÉMA BIOLOGICKÉ ODBOURATELNOSTI PODLE CEC-L-33-T82



Obrázek 7: Biologická rozložitelnost podle CEC-L-33-T82 [30]

Ekologické hledisko je třeba zohlednit hlavně v hydraulických systémech, které přicházejí do kontaktu s podzemní vodou nebo vodou celkově, v zemědělství, lesnictví, stavebnictví a ve všech technických mobilních zařízeních.

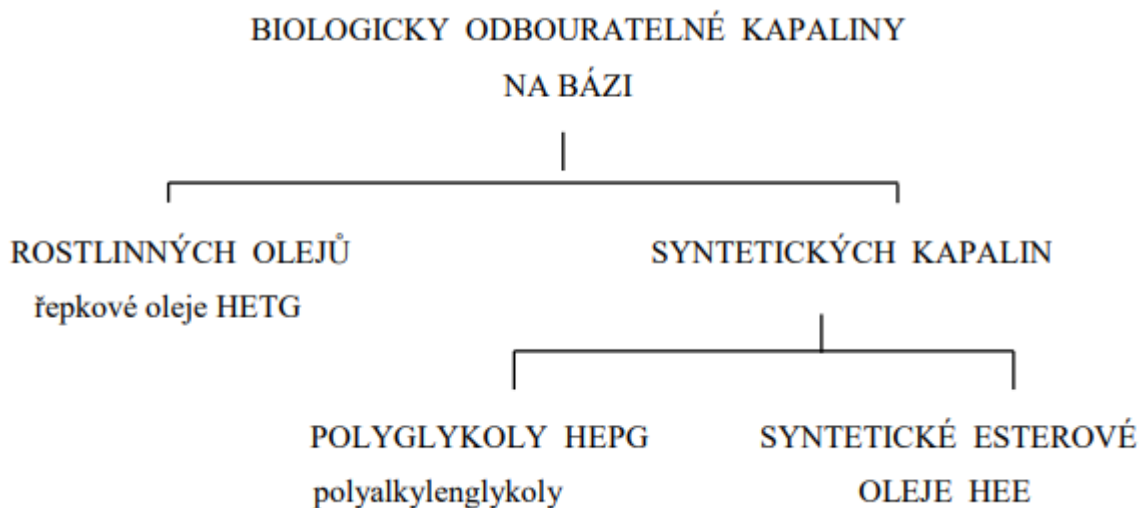
Ekologické kapaliny (Biologicky odbouratelné oleje) se značí: HTG, HE a HPG. Avšak někteří výrobci uvádějí v každém názvu navíc písmenko „E“ (HETG, HEE, HEPG). Jedná se o úplně stejné oleje, pouze s jiným značením.

- a) HTG (HETG)
  - Triglyceridy na bázi syntetických médií, přírodní estery, na bázi řepkového oleje
  - Hodí se pro systémy, kde se minimálně mění teplota (teplota je limitována 70-75°C)
  - Používáno v zemědělství nebo lesnictví
- b) HE (HEE)
  - Syntetické esterové oleje
  - Srovnatelné pracovní vlastnosti s minerálními oleji
  - Využívají se hlavně ve stavebnictví, protože splňují vysoké požadavky na hydraulické mobilní stroje

## c) HPG (HEPG)

- Polyglykoly
- Používají se tam, kde nelze zabránit kontaktu s vodou
- Používají se například u lodních hydraulik

### 6.3 SCHÉMA BIOLOGICKY ODBOURATELNÝCH KAPALIN



Obrázek 8: Schéma biologicky odbouratelných kapalin [30]

### 6.4 PŘÍKLADY BIOLOGICKY SNADNO ROZLOŽITELNÝCH OLEJŮ

#### 6.4.1 HYDRAULICKÉ OLEJE

Tabulka 6 Příklady biologicky snadno rozložitelných olejů – hydraulické oleje [31]

Obchodní název	Kinematická viskozita při 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	Viskozitní index	Bod vzplanutí (°C)	Bod tekutosti (°C)
MOGUL HEES 32	32	170	190	-30
MOGUL HEES 46	46	165	240	-30

Tyto oleje se řídí klasifikací ISO 6743 nebo DIN 51 502

#### 6.4.2 PŘEVODOVÉ OLEJE

- TOTAL BIOHYDRAN RS 38 B
- TOTAL BIOTRANS FX

Tyto biologicky odbouratelné oleje jsou do výrobce TOTAL.

## 7 PLASTICKÉ MAZIVO

Plastické mazivo (zvané též jako mazací tuk) se využívá tam, kde technicky není možné použít olej. Používá se především na mazání kluzných a valivých ložisek. Jeho počáteční viskozita je mnohem vyšší než viskozita oleje. Dále se používá nejen na mazání čepů a uložení, ale i na ochranu strojních částí proti korozi. Plastická maziva mají polotuhou konzistenci a vyšší počáteční viskozitu než oleje. Norma, která se zabývá plastickými mazivy je ISO 6743/9. [32] [33] [34]

Složení plastického maziva:

- Základový olej
- Aditiva
- Zpevňovadlo
  - a) **Základový olej**

Je stejný jako pro převodové, hydraulické a celkově průmyslové oleje

### b) Aditiva

Aditivum, tak se značí látky, které se mísí s jinými látkami nebo směsmi za cílem vylepšit jejich vlastnosti.

Aditiva shodná jako u motorových a převodových olejů, s rozdílem, že zde se klade důraz na ochranu proti opotřebení, vysokému tlaku, stárnutí a korozi. Mohou se přidávat i aditiva na bázi pevné látky (Uhlík, Teflon, Molybdendisulfid), tyto látky však nevytváří strukturu maziva.

### c) Zpevňovadlo (Zahušťovadlo)

Přidáním zahušťovadla do oleje se vytvoří mast a olej přestane být tekutý. Zahušťovadlo je chemická látka vytvářející mřížkovou strukturu, která je vyplněna olejem. Zpevňovadlo na kluzkém povrchu vytváří jakýsi ochranný film za působení vysokých tlaků a teplot.

Typy zpevňovadel:

- Kovová mýdla
- Mýdla na bázi lithia, sodíku, vápníku (nejpoužívanější)
- Mýdla na bázi hliníku, baria, olova (méně používané)
- Kombinovaná mýdla (např. lithium-vápník)
- Komplexní mýdla (to jsou kovové soli smísené s kovovým mýdlem stejného kovu)

**Nejpoužívanější mýdla:**

- *Mýdla na bázi lithia*

Rozmezí pracovní teploty: -20°C až 130°C

Odolné vůči vodě a vysokým teplotám

- *Mýdla na bázi sodíku*

Rozmezí pracovní teploty: max. 100°C

Není odolné vůči vodě

- *Mýdla na bázi vápníku*

Rozmezí pracovní teploty: max. 70°C, v komplexních případech až 120°C

Odolné vůči vodě a mechanickému namáhání

**7.1 POPIS OZNAČENÍ PLASTICKÝCH MAZIV****Klasifikace plastických maziv podle ISO**

*Tabulka 7 Klasifikace plastických maziv podle ISO [14]*

Označení			Pracovní teplota		Odolnost proti vodě a rezivění	Vysokotlaké vlastnosti	Konzistence podle NLGI
Systému	Třídy	Typu	Min.	Max.			
ISO	L	X	Symbol 1	Symbol 2	Symbol 3	Symbol 4	Číslo

**Minimální pracovní teplota**

*Tabulka 8 Klasifikace plastických maziv podle ISO - minimální pracovní teplota [14]*

Symbol 1	A	B	C	D	E
Hodnota minimální pracovní teploty °C	0	-20	-30	-40	Pod -40

**Maximální pracovní teplota**

*Tabulka 9 Klasifikace plastických maziv podle ISO - maximální pracovní teplota [14]*

Symbol 2	A	B	C	D	E	F	G
Hodnota maximální pracovní teploty °C	60	90	120	140	160	180	Nad 180

## Odolnost proti vodě a rezivění

Tabulka 10 Klasifikace plastických maziv podle ISO - odolnost proti vodě a rezivění [14]

Symbol 3	Odolnost proti vodě	Odolnost proti rezivění
A	Pro suché prostředí	Nechrání
B	Pro suché prostředí	Chrání v přítomnosti destilované vody
C	Pro suché prostředí	Chrání v přítomnosti slané vody
D	Odolává statické vlhkosti	Nechrání
E	Odolává statické vlhkosti	Chrání v přítomnosti destilované vody
F	Odolává statické vlhkosti	Chrání v přítomnosti slané vody
G	Odolává vypírání vodou	Nechrání
H	Odolává vypírání vodou	Chrání v přítomnosti destilované vody
I	Odolává vypírání vodou	Chrání v přítomnosti slané vody

## Vysokotlaké vlastnosti

Tabulka 11 Klasifikace plastických maziv podle ISO - vysokotlaké vlastnosti [14]

Symbol 4	Popis
A	Nemá zlepšené vysokotlaké vlastnosti
B	Má vysokotlaké vlastnosti – zvýšenou ochrannou schopnost proti zadírání kluzných kovových ploch při působení vysokých tlaků

## Konzistence plastického maziva

Tabulka 12 Klasifikace plastických maziv podle ISO - konzistence [14]

Stupeň konzistence	Penetrace podle ISO 2137 ( $10^{-1}$ mm)
6 (velmi tuhé)	85 – 115 (tzv. klidová penetrace)
5 (tuhé)	130 – 160

<b>4 (polotuhé)</b>	175 – 205
<b>3 (střední)</b>	220 – 250
<b>2 (poloměkká)</b>	265 – 295
<b>1 (měkká)</b>	310 – 340
<b>0 (velmi měkká)</b>	355 – 385
<b>00 (polotekutá)</b>	400 – 430
<b>000 (tekutá)</b>	445 - 475

### Význam slova **PENETRACE:**

Penetrace je tuhost maziva. Maziva jsou testována kovovým kuželem a měří se hloubka průniku kuželu do maziva.

Příklad:

### **ISO-L-X-BCGB 2**

Rozmezí teplot (-20 až 120°C)

Odolává vodě

Nízká úroveň proti rezivění

Obsahuje vysokotlaké přísady

Konzistence 2

### **Příklady plastických maziv**

*Tabulka 13 Příklady plastických maziv [14]*

Název (značka)	Barva	Teplotní rozsah použití (°C)	Hlavní využití. Významné vlastnosti
A 00	Tmavě zelená	-15 až 75	Kluzná uložení. Vysoká přilnavost, odolává vodě.
V 2	Žlutohnědá	-30 až 70	Valivá uložení.
K 3	žlutozelená	-30 až 70	Hlavně kluzná uložení. Odolává vodě.

Každý stroj má tzv. mazací plán, ve kterém výrobce uvádí, jaký druh maziva lze použít a jaké intervaly mazání mají být dodrženy.

## 7.2 METODIKA VOLBY PLASTICKÝCH MAZIV V ZEMĚDĚLSKÝCH A STAVEBNÍCH STROJÍCH

1. Pro mazání kluzných či valivých uložení nebo mazání převodů strojů je možno využít univerzální vysokotlaké plastické mazivo s typem zpevňovačů Li mýdlo. Toto mazivo je schopno dobře pracovat v teplotním rozsahu od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $120^{\circ}\text{C}$ . Viskozita základového oleje při  $40^{\circ}\text{C}$  by měla být minimálně  $120 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

**Příklad plastického maziva pro mazání kluzných a valivých uložení od výrobce PARAMO:**

- MOGUL LA 2
2. Při provozu valivých ložisek středních až vyšších zatíženích používaných v průmyslových aplikacích je možno využít plastického maziva s použitím mýdla na bázi lithia s viskozitou základového oleje při  $40^{\circ}\text{C}$  minimálně  $130 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Mazivo může být použito v pracovních teplotách od  $-30^{\circ}\text{C}$  až do  $120^{\circ}\text{C}$ . Toto plastické mazivo má červenou barvu.

**Příklad plastického maziva pro mazání valivých ložisek středních a vyšších zatíženích od výrobce PARAMO:**

- MOGUL UNI NH2
3. Místa, kde by mohlo dojít k poškození životního prostředí (lesy, pole, vodní zdroje atd.) je potřeba použít nezávadná biologicky odbouratelná plastická maziva. Při použití plastického maziva pro mazání podvozků mobilních strojů se využívá polosyntetických plastických maziv s vápníkovým mýdlem jako typem zpevňovačů. Rozsah teplot, v kterém biologicky odbouratelné plastické mazivo může pracovat je od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$ .

**Příklad biologicky odbouratelného plastického maziva od výrobce PARAMO:**

- MOGUL EKO L2

## ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se snažil objasnit problematiku průmyslových olejů a maziv. V začátku jsem vysvětlil základní fyzikální vlastnosti kapalin (Viskozita, měrný objem, měrná hmotnost atd.), bez pochopení těchto základů, nemůžeme předpovídat, co se s určitým olejem nebo mazivem může stát. Dále jsem průmyslové oleje rozdělil do dvou důležitých skupin, o kterých jsem pak pojednával.

V první skupině olejů jsem vysvětlil vlastnosti a výrobu olejů: minerálních, syntetických a polosyntetických.

Ve druhé skupině jsem oleje rozdělil podle účelu jejich využití v praxi, např.: převodové, hydraulické, řezné atd.

V práci jsem se zabýval i metodikou volby olejů, jaký olej je dobré použít při určité teplotě, tlaku atd.

Snažil jsem se nahlédnout na oleje i z hlediska ekologie a objasnit, co jsou to biologicky odbouratelné oleje. Popsal jsem složení těchto olejů a vysvětlil za jaký čas a z kolikati procent se musí rozložit, aby mohl nést název biologicky odbouratelný.

A na závěr jsem popsal problematiku plastických maziv, kde jsem sepsal metodiku volby plastických maziv, opět při jaké teplotě a tlaku je možné určité plastické mazivo použít, popřípadě využít jiné.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rychlostní profil toku v kapalině .....	12
Obrázek 2: Diagram pro vhodnou volbu viskozity oleje .....	26
Obrázek 3: Diagram pro vhodnou volbu viskozity oleje při známé teplotě .....	27
Obrázek 4: Umístění filtrů v hydrostatickém obvodu.....	30
Obrázek 5: Filtr na převodový olej .....	32
Obrázek 6: Grafické vyjádření kódu čistoty oleje dle ČSN ISO 4406 .....	36
Obrázek 7: Biologická rozložitelnost podle CEC-L-33-T82 .....	38
Obrázek 8: Schéma biologicky odbouratelných kapalin.....	39

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Klasifikace převodových olejů podle SAE J306 .....	20
Tabulka 2 Výkonnostní klasifikace podle API - převodové oleje.....	20
Tabulka 3 Příklady nejpoužívanějších převodových olejů.....	21
Tabulka 4 Příklady užívaných hydraulických kapalin .....	24
Tabulka 5 Přiřazení kódových čísel – čistota oleje podle ČSN ISO 4406 .....	35
Tabulka 6 Příklady biologicky snadno rozložitelných olejů – hydraulické oleje.....	39
Tabulka 7 Klasifikace plastických maziv podle ISO.....	41
Tabulka 8 Klasifikace plastických maziv podle ISO - minimální pracovní teplota .....	41
Tabulka 9 Klasifikace plastických maziv podle ISO - maximální pracovní teplota .....	41
Tabulka 10 Klasifikace plastických maziv podle ISO - odolnost proti vodě a rezivění.....	42
Tabulka 11 Klasifikace plastických maziv podle ISO - vysokotlaké vlastnosti.....	42
Tabulka 12 Klasifikace plastických maziv podle ISO - konzistence .....	42
Tabulka 13 Příklady plastických maziv .....	43

## CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Základní informace o olejích. *PEMA-oleje* [online]. Ostrava – Vítkovice: AUTODÍLY PEMA, 2008 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.oleje-pema.cz/cs/o-olejich.html#.XjQO7chKiM8>
- [2] Popis průmyslových olejů. *Oleje.cz* [online]. Brno: Ekolube, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: [https://www.oleje.cz/obsah/prumyslova\\_maziva](https://www.oleje.cz/obsah/prumyslova_maziva)
- [3] Viskozita. *Encyklopediapoznania* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7357/viskozita-supratekuty-stav>
- [4] Viskozita vody v závislosti na teplotě. *Converter* [online]. 2002 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/viskozita-vody.htm>
- [5] ŠKOPÁN, M.:Hydraulické pohony strojů. Elektronické skriptum VUT FSI Brno, 2009 (CS)
- [6] *ZÁKLADY REOLOGIE A REOMETRIE KAPALIN*. Olomouc, 2014. Dostupné také z: [http://mofychem.upol.cz/KA6/Zaklady\\_reologie.pdf](http://mofychem.upol.cz/KA6/Zaklady_reologie.pdf)
- [7] Stanovení dynamické a kinematické viskozity. *Vfu* [online]. Brno: VFU Brno [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.vfu.cz/files/3130\\_83\\_2.-dynamicka-a-kinematicka-viskozita.pdf](https://www.vfu.cz/files/3130_83_2.-dynamicka-a-kinematicka-viskozita.pdf)
- [8] *Fyzikální veličina hustota – označení, jednotky* [online]. Ondřejov [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [http://www.zsondrejov.cz/Vyuka/F-6H/Hustota\\_01.pdf](http://www.zsondrejov.cz/Vyuka/F-6H/Hustota_01.pdf)
- [9] *Česká meteorologická společnost* [online]. Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [10] Vlastnosti motorových olejů - Základní funkce olejů. *Oleje.cz* [online]. Brno: Ekolube, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Zakladni-funkce-oleju>
- [11] Minerální oleje. *EBESO* [online]. Česká Lípa: EBESO, 2014 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.ebeso.cz/oleje/mineralni-oleje>
- [12] Syntetické oleje. *EBESO* [online]. Česká Lípa: EBESO, 2014 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.ebeso.cz/oleje/synteticke-oleje>
- [13] Polosyntetické oleje. *EBESO* [online]. Česká Lípa: EBESO, 2014 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.ebeso.cz/oleje/polosynteticke-oleje>
- [14] *Učební texty pro obsluhy stavebních strojů: Oleje a plastická maziva*. Praha, 2007.
- [15] *Maziva používána v zemědělských strojích*. 2005. Praha, 2005.

- [16] SUCHÝ, Pavel. Olej dolej 1 (oleje pro čtyřtaky). In: <https://www.motorkari.cz> [online]. Praha 9: MOTOportal, 6. 4. 2015n. l. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/olej-dolej-1-oleje-pro-ctyrtakty-31047.html>
- [17] TBN. *PER-Oil* [online]. Most - Velebudice: PER-Oil, 2019 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.znackoveoleje.cz/Vlastnosti-oleju-a5\\_24.htm](https://www.znackoveoleje.cz/Vlastnosti-oleju-a5_24.htm)
- [18] MOGUL TRAKTOL UTTO 10W-30. *Eshop.paramo* [online]. Pardubice: PARAMO [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: [https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/ti\\_tractol\\_utto\\_z6.pdf](https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/ti_tractol_utto_z6.pdf)
- [19] BIOTRANS BV FE 75W-80. *Lubricants.total* [online]. Praha 8: Total, 2014 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: [http://www.fueleconomy.lubricants.total.com/documents/pdf/tp/uk/total\\_biotrans\\_bv\\_fe\\_75w80\\_102014\\_en.pdf](http://www.fueleconomy.lubricants.total.com/documents/pdf/tp/uk/total_biotrans_bv_fe_75w80_102014_en.pdf)
- [20] PARAMO [online katalogový list]. *Oleje a maziva pro zemědělskou techniku*. ©2020 [cit. 24.6.2020]. Dostupné z: [https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/katalog\\_OLEJE\\_A\\_MAZIVA\\_PRO\\_ZEMEDELskou\\_TECHNIKU\\_CZ\\_ver1.pdf](https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/katalog_OLEJE_A_MAZIVA_PRO_ZEMEDELskou_TECHNIKU_CZ_ver1.pdf)
- [21] Mazání ložisek. *Zkl* [online]. Brno: ZKL, 2012 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/cs/pro-konstruktery/9-mazani-lozisek#93>
- [22] Určení velikosti ložiska. *Zkl* [online]. Brno: ZKL, 2012 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/cs/pro-konstruktery/5-urceni-velikosti-loziska#56>
- [23] Přehled maziv pro kompresory. *Udrzbapodniku* [online]. Pardubice: PARAMO, 2013 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=5117&cHash=26156f561c&type=98](http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=5117&cHash=26156f561c&type=98)
- [24] Oleje u šroubových kompresorů. *Kompresory-vzduchotechnika* [online]. Žebrák: Kompresory Vzduchotechnika, 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/poradna/oleje-u-sroubovych-kompresoru/>
- [25] Moderní metody čištění hydraulických olejů. *Mmspektrum*. 2006, **2006**(5), 66. Dostupné také z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-metody-cisteni-hydraulickych-oleju.html>
- [26] MAHLE ORIGINAL Olejový filtr. In: *Automobilovedily24* [online]. Berlín, 2020 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.automobilovedily24.cz/mahle-original/2681202>
- [27] ČSN ISO 4406 (656206). Hydraulické kapaliny - Kapaliny - Metoda kódování úrovně znečištění pevnými částicemi. Praha: Český normalizační institut, 2006.

- [28] Čistota hydraulických kapalin. *AGRO HYTOS* [online]. Vrchlabí: ARGO-HYTOS, 2007 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.hazmiol.cz/pdf/ARGO.pdf>
- [29] BIO maziva – lesnictví a zemědělství. *Novakoil* [online]. Praha 4: PiXOLO, 2014 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.novakoil.cz/katalog/kategorie/bio-maziva-lesnictvi-a-zemedelstvi-114/>
- [30] *Možnosti hodnocení vlastností biologicky odbouratelných olejů*. Brno, 2006. Diplomová práce. MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA V BRNĚ.
- [31] PARAMO [online katalogový list]. *Oleje a maziva pro nákladní vozy*. ©2020 [cit. 24.6.2020]. Dostupné z: [https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/katalog\\_OLEJE\\_A\\_MAZIVA\\_PRO\\_NAKLADNI\\_VOZIDLA\\_CZ\\_ver1.pdf](https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/katalog_OLEJE_A_MAZIVA_PRO_NAKLADNI_VOZIDLA_CZ_ver1.pdf)
- [32] Oleje.cz: Popis plastických maziv. *Oleje.cz* [online]. Brno: Ekolube, 2020 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Popis-plasticky-ch-maziv>
- [33] Plastické mazivo. *Wikipedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné také z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Plastick%C3%A9\\_mazivo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Plastick%C3%A9_mazivo)
- [34] Maziva. *Cappo* [online]. Praha 9: ČAPPO, 2017 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/info/maziva-c137>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

OH – hydroxid

SAE – Society of Automotive Engineers (Společnost automobilových inženýrů)

API – American Petroleum Institut (Americký ropný institut)

ISO – International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)

DIN – Deutsches Institut für Normung (Německý institut pro normalizaci)

WEC – Water endenger class (Třída vody)

HETG – Triglyceridy (rostlinné oleje) nerozpustné ve vodě

HEPG – Polyalkylenglykoly rozpustné ve vodě

HEES – Syntetické estery nerozpustné ve vodě

NLGI – National Lubricating Grease Institute (Národní institut mazacích tuků)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ**

$\tau$	[Pa]	tečné napětí
$\frac{dv}{dy} = \dot{\gamma}$	[-]	gradient rychlosti
$\rho$	[kg.m <sup>-3</sup> ]	měrná hustota (hustota kapaliny)
$\eta$	[Pa.s]	dynamická viskozita
$\Delta\vartheta$	[°C]	změna teploty kapaliny
$F_{\tau}$	[N]	vnější síla k překonání vnitřního odporu (tření)
$S$	[m <sup>2</sup> ]	plocha mezi dvěma destičkami
$\varphi$	[s.m <sup>-2</sup> ]	tekutost
$v$	[m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> ]	měrný objem
$\nu$	[m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	kinematická viskozita
$m$	[kg]	hmotnost
$V$	[m <sup>3</sup> ]	objem
$\Delta V$	[m <sup>3</sup> ]	změna objemu
$\beta$	[Pa <sup>-1</sup> ]	objemová stlačitelnost
$K$	[Pa]	modul objemové pružnosti kapaliny
$\Delta p$	[Pa]	změna tlaku
$\gamma$	[MPa]	objemová (teplotní) roztažnost kapaliny
$\beta_x$	[-]	filtrační koeficient
$\eta_x$	[%]	filtrační účinnost
$N_x$	[-]	počet částic před filtrem
$M_x$	[-]	počet částic za filtrem