

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**



**Diplomová práce**

**Hodnocení kvality paliv v čerpacích stanicích**

**Autorka: Bc. Eliška Kholová**

**Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph.D. et Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Eliška Kholová

Zemědělská specializace  
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Hodnocení kvality paliv v čerpacích stanicích**

Název anglicky

**Assessment of fuels quality at petrol stations**

---

### Cíle práce

Cílem práce je analýza kvalitativních parametrů pohonných hmot v rámci České republiky. Součástí je také zohlednění cenové nabídky distributorů pohonných hmot ve vybraných regionech.

### Metodika

- prostudovat základní literaturu, normy, internetové odkazy a další prameny
- provést literární rešerši v oblasti motorových paliv
- provést vlastní analýzu a uvést nové případné teoretické předpoklady a názory
- experimentálně ověřit kvalitativní parametry a cenový vývoj paliv v daném regionu

### Hypotézy

1. Zimní motorová nafta bude v období zavádění do VDO ovlivněna příměsí nafty přechodové.
2. Cena odebraných paliv nemá vliv na jejich kvalitu.

### Harmonogram

LS 2019 – zpracování teoretických východisek

ZS 2019 – experimentální analýzy a zpracování praktické části diplomové práce

LS 2020 – odevzdání diplomové práce

## Doporučený rozsah práce

50

## Klíčová slova

palivo, nafta, ropa, čerpací stanice, bionafta

---

## Doporučené zdroje informací

- BECKER, J., WITTMANN, C.: Bio-based production of chemicals, materials and fuels – Corynebacterium glutamicum as versatile cell factory, *Current Opinion in Biotechnology* 23/4 (2012), pp. 631–640.
- DUKULIS, I., PIRS, V., JESKO, Z., BIRKAVS, A., BIRZIETIS, G.: Development of Methodics for Testing Automobiles Operating on Biofuels. In: *Proceedings of the 8th International Scientific Conference 'Engineering for Rural Development'*. Latvia University of Agriculture, Jelgava (2009), pp. 148–155
- HÖNIG, V.: Cvičení z paliv a maziv. 2013, ČZU v Praze, ISBN 978-80-213-2384-1, 107 s.
- HÖNIG, V. Paliva a maziva. 2013, Paměťový nosič CD, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 978-80-213-2432-9, 564 s.
- JEVIČ, P., ŠEDIVÁ, Z.: Stav a požadavky na udržitelnou výrobu směsných a biogenních pohonných hmot. [Status Quo and Requirements for Sustainable Production of Blended and Biogenic Fuels]. Sborník přednášek a odborných prací vydaný k 10. mezinárodnímu semináři konanému 3. dubna 2012 jako odborná doprovodná akce 12. mezinárodního veletrhu zemědělské techniky TECHAGRO 2012. Praha: VÚZT, 2012, ISBN 978-80-86884-66-0. 121s.
- MATĚJOVSKÝ, V.: Automobilová paliva, Grada Publishing, a.s., Praha, 2005, 224s., ISBN 80-247-0,50-5.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

## Vedoucí práce

doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph.D. et Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra chemie

Elektronicky schváleno dne 20. 11. 2019

**Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2020

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Hodnocení kvality paliv v čerpacích stanicích“ jsem vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Vladimíra Höniga, Ph.D. et Ph.D. Použila jsem odbornou literaturu a další informační zdroje, které jsou v práci citovány a uvedeny v seznamu literatury na jejím konci. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 3. 4. 2020

Podpis autora: .....

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu doc. Ing. Vladimíru Hönigovi, Ph.D. et Ph.D. za odborné vedení, konzultování, pomoc s hodnocením výsledků a vstřícný a pohotový přístup. Následně Bc. Janu Jenčíkovi za vstřícnost v oblasti laboratorního měření.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým přátelům za pomoc se shromažďováním vzorků a neutuchající podporu, kterou mi dodávali po dobu celého studia.

**Abstrakt:**

Cílem této diplomové práce je zanalyzování kvalitativních parametrů pohonných hmot a zohlednění cenové nabídky distributorů v rámci České republiky. V první části se nachází obecné informace o současném stavu řešené problematiky, a to o ropě, pohonných hmotách, jejich parametrech a čerpacích stanicích, díky kterým čtenář pronikne do daného tématu. Experimentální částí je vyobrazena situace automobilového benzínu a motorové nafty v České republice. Analýza zobrazuje nesplněné podmínky norem, které vedou k nesprávnému chodu motorových vozidel a úniku emisí do ovzduší. Velké množství čerpacích stanic nesplňuje požadavky obsahu mechanických nečistot a průběhu destilační zkoušky u obou zkoumaných pohonných hmot, které určují předepsané normy. Nejvyšší pohonné hmoty nabízí čerpací stanice Benzina v Klatovech. Nejhorší výsledky pohonných hmot vykazuje čerpací stanice Automont CSW v Ostravě. Výsledky automobilového benzínu za obě období ukazují na stejnou kvalitu. Výsledky motorové nafty za zimní období mají lepší výsledky než v letním období. Vysoká cena paliva nezaručí jeho kvalitu.

**Klíčová slova:** ropa, palivo, benzin, nafta, čerpací stanice, parametry

**Summary:**

The aim of this thesis is to analyze the qualitative parameters of fuel and to take into consideration the price quotation of distributors in the Czech Republic. The first part contains general information about current state of discussed issue, namely oil, fuels, their parameters and petrol stations which allow the reader understand given topic. Experimental part shows the situation of petrol and diesel oil in the Czech Republic. The analysis shows non-fulfilment of standards' conditions, which leads to incorrect operation of motor vehicles and leak of emissions into the air. A large amount of petrol stations fail to meet the requirements of mechanical impurities content and course of distillation test of both examined fuels, which determine the required standards. Fuels of the highest quality are distributed by petrol station Benzina in Klatovy. Fuels of the worst quality are distributed by petrol station Automont CSW in Ostrava. The results of petrol for both periods appear to be the same quality. The results of oil for winter season are better than results for summer season. High price of fuel does not guarantee its quality.

**Key words:** oil, fuel, petrol, diesel oil, petrol station, parametres

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Současný stav řešené problematiky .....	2
2.1	Ropa.....	2
2.1.1	Frakční složení ropy.....	2
2.1.2	Těžba ropy v České republice.....	3
2.1.3	Těžba ropy ve světě .....	3
2.2	Pohonné hmoty .....	4
2.2.1	Složení pohonných hmot .....	5
2.2.2	Výroba pohonných hmot .....	6
2.2.3	Trh s pohonnými hmotami.....	8
2.2.4	Rafinerské produkty.....	9
2.3	Spalování pohonných hmot .....	9
2.3.1	Zážehové motory .....	10
2.3.2	Vznětové motory.....	11
2.3.3	Vznik emisí při spalování pohonných hmot .....	11
2.4	Benzin.....	12
2.4.1	Výroba automobilového benzínu.....	12
2.4.2	ČSN EN 228 + A1 .....	14
2.5	Nafta .....	17
2.5.1	Výroba motorové nafty.....	18
2.5.2	ČSN EN 590 + A1 .....	18
2.5.3	Benzin vs. nafta.....	20
2.6	Parametry pohonných hmot.....	21
2.6.1	Parametry automobilového benzínu .....	22
2.6.2	Parametry motorové nafty .....	25
2.6.3	Společné parametry automobilového benzínu a motorové nafty.....	28
2.7	Čerpací stanice.....	30
2.7.1	MAKRO Cash & Carry ČR s.r.o. ....	31
2.7.2	AUTOMONT CSW, spol. s.r.o. ....	31
2.7.3	OMV Česká republika, s.r.o. ....	31
2.7.4	SALLY TRUCK, s.r.o. ....	31
2.7.5	MOL Česká republika, s.r.o. ....	32
2.7.6	BENZINA, s.r.o. ....	32
3	Cíl diplomové práce.....	34



4	Metodika diplomové práce .....	35
4.1	Destilace .....	35
4.2	Hustota pohonných hmot.....	35
4.3	Obsah vody .....	35
4.4	Mechanické nečistoty .....	36
4.5	Tlak par.....	36
4.6	Index těkavosti.....	36
4.7	Kinematická viskozita .....	37
4.8	Bod vzplanutí.....	37
4.9	Bod zákalu TVP.....	37
4.10	Ztráta filtrovatelnosti CFPP .....	38
4.11	Cetanový index .....	38
5	Výsledky experimentů .....	39
6	Diskuze .....	56
7	Závěr .....	60
	Použitá literatura .....	61
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek .....	66
	Seznam zkratk .....	67

# 1 Úvod

V této diplomové práci na téma „Hodnocení kvality paliv v čerpacích stanicích“ je navázáno na předešlé téma bakalářské práce, ve které jsem se zaměřila na kvalitativní a ekonomické parametry motorové nafty v Ústeckém kraji. Jedná se o rozšíření pohledu na danou problematiku a zapojení další pohonné hmoty, konkrétně automobilového benzínu, do experimentu.

Téma tohoto typu bude vždy aktuální. Sice se traduje, že kvalita pohonných hmot roste, ale stále se vyskytuje značné množství čerpacích stanic, kde se nachází nekvalitní pohonné hmoty. Se znehodnocenými pohonnými hmotami se dá setkat nejen u malých distributorů, ale i u velkých společností s rozsáhlou sítí poboček. Částečně za pochybení může jen pouhé nedopatření, ale v některých případech jde určitě i o úmysl, s cílem získat co největší obnos peněz. Bylo by hezké, kdyby k těmto skutečnostem nedocházelo, avšak svět je takto nastavený. Na druhou stranu, Česká republika patří mezi státy, ve kterých se nachází poměrně kvalitní pohonné hmoty.

I když sama nejsem motoristkou, o tuto problematiku se zajímám kvůli rodině a svému blízkému okolí. Na stejné úrovni využívají automobilový benzin i motorovou naftu a už několikrát se stalo, že muselo dojít k opravě některých automobilových součástí kvůli nekvalitnímu palivu. Přestože jsou někteří moji přátelé až posedlí starostí o automobil, i u nich dochází k takovýmto situacím.

Avšak nejen rodina a přátelé jsou důležitým aspektem pro šetření v oblasti tohoto tématu. Jde i o přírodu, kvalitu ovzduší, zdraví lidí a celkového žití ve světě, a to nejen v přítomnosti, ale i s výhledem do budoucna.

## 2 Současný stav řešené problematiky

V této kapitole jsou obsaženy základní informace pro pochopení daného tématu diplomové práce.

### 2.1 Ropa

Ropu označujeme jako kapalnou směs uhlovodíků, jejíž hustota dosahuje 0,75–0,95 g.cm<sup>-3</sup>. Je složena z nasycených nebo parafinických uhlovodíků C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>, z cyklických neboli naftenových uhlovodíků C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> a z aromatických uhlovodíků C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub>. V ropě se vyskytují složky, které obsahují kyslík, dusík, síru, a provazuje ji zemní plyn, slaná voda a někdy i pevné uhlovodíky. [3]

Její vznik zapříčiňuje anaerobní rozklad planktonních organismů, ve většině případů v mořském prostředí, v některých případech v estuáriích nebo deltách. Jako meziprodukt označujeme sapropel, při jeho přeměně se vytváří ropa a k tomu dochází už v matečné sedimentární hornině. Z těchto hornin se ropa přesouvá v první řadě vzhůru, přitom se oddělí voda a lehčí ropa se v horninách, které jsou propustné, nahromadí nad vodou. Uhlovodíky, které jsou snadno těkavé, se také oddělují a tvoří podobu zemního plynu, který je v nejvyšší poloze ropného ložiska. V případě, že se ropa dostane na zemský povrch, jsou tekuté složky ropy odpařeny a zbude po nich pevný vosk a asfalt. Pokud má vzniknout ropné ložisko, musí úniku ropy zamezit jistá překážka. Může se jednat o nepropustnou vrstvu, zlom, diapir a jiné. Ropa se kumuluje v ropných pastích, což jsou dobře propustné horniny, které jsou od okolí odděleny tektonicky (nepropustné vrstvy, diapiry, zlomy), litologicky nebo stratigraficky – změna facie, výskyt nepropustného nadloží případně litologické a stratigrafické pasti. Nejčastěji se však ropná ložiska nachází v antiklinálních strukturách. Získání ropy je možné i bez jejího pumpování, a to díky tlaku plynu a vody. [3;5;7]

#### 2.1.1 Frakční složení ropy

Ropa se skládá ze dvou skupin směsí látek, které mají odlišnou teplotu varu. Jednu skupinu je možné predestilovat a druhá není predestilovatelná, ani kdyby destilace probíhala za hlubokého vakua. Ropa obsahuje některé sloučeniny, které se dají predestilovat tak, že se nerozloží, a destilace proběhne za normálního tlaku. U jiných sloučenin je toto možné jen v případě, že se tlak sníží. Čím nižších hodnot tlak dosahuje, tím existuje větší počet látek, které je možné predestilovat. [3;5]

Jakmile dojde k vyčištění (odsolení) ropy, následuje její rozdestilování. Destilací vzniknou užší frakce a ty jsou následně zpracovány. Mezi jednotlivé frakce patří plynné uhlovodíky, lehký a těžký benzin, petrolej, plynový olej, vakuové destiláty a zbytek. Jejich množství je určeno frakčním složením ropy. Pokud ropa obsahuje velké množství frakcí, které jsou vroucí do 370 °C (světlá ropná frakce), má malou hustotu a je dražší. Pohonné hmoty, které se vyrábí ze světlých ropných frakcí, jsou dražší než z těžké frakce. [3;5]

### *2.1.2 Těžba ropy v České republice*

Česká republika je závislá na dovozu ropy, ale v oblasti jižní a částečně i severní Moravy se ropná ložiska nachází. Avšak ta jsou schopna pokrýt pouze několik málo procent z poptávky po této surovině. Největší těžební společnost se nazývá Moravské naftové doly. Tato společnost před pár lety objevila nové ložisko mezi Brnem a Kyjovem. Bylo nalezeno v odlišném typu horniny než předtím a tím pádem je možné, že se ropná ložiska mohou nacházet i v jiných částech republiky než jen na území Moravy. [10]

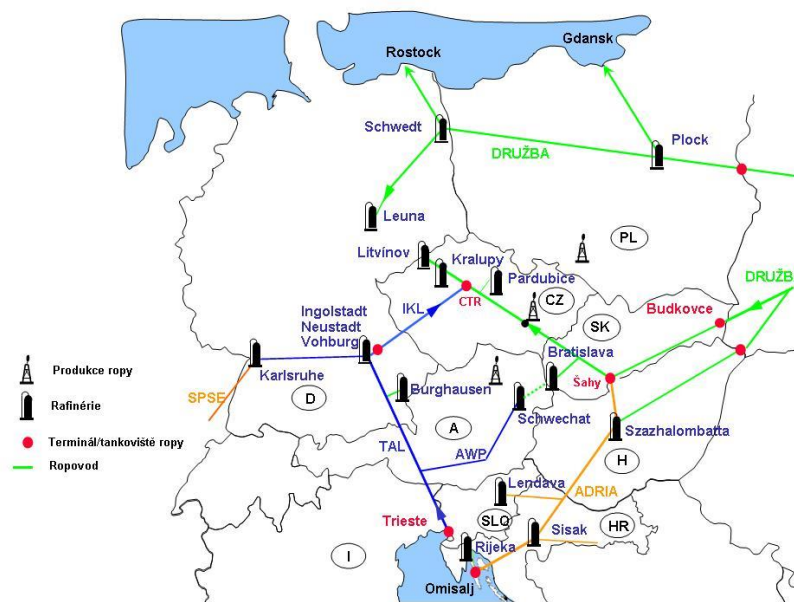
### *2.1.3 Těžba ropy ve světě*

Na celém světě je zhruba 18 tisíc ropných vrtů. Nejvíce nalezišť se nachází ve Venezuele, Saudské Arábii, Kanadě, Íránu, Iráku a Kuvajtu. O aktuálním stavu zásob však neexistují pravdivé a spolehlivé informace. Jejich sehnání je velmi problematické, jelikož je ekonomika těchto států závislá na jejím vývozu, a tak nechtějí vysílat takové informace do světa. Pokud bude stav nadhodnocen, je možné dostat výhodnější úvěrové podmínky, případně by organizace OPEC (Organization Petroleum Exporting Countries) mohla stanovit lepší produkční kvóty. Spolehlivé nejsou ani informace od samotných společností, jelikož při nadhodnocení nalákají více akcionářů.

Objevování nových ropných nalezišť je vysoce finančně nákladné, a tak není vyloučeno, že skutečné zásoby ropy na světě jsou mnohem vyšší, než představují objevená naleziště. K novému objevování se uchylují až v případě, že jsou jejich nynější vrty skoro vyčerpané.

Velké množství ropných nalezišť bylo objeveno například na Antarktidě pod ledovci. Dále se vyskytuje určité množství nekonvenčních způsobů zdrojů ropy. Jedná se o tmavé břidlice a ropné písky. V dnešní době je možné dostat se i do větších hloubek starých opuštěných nalezišť, která nejsou vytěžená, jak se v minulosti zdálo. [10;11]

Těžba ropy dle Hubbertovy teorie ropného zlomu začne klesat až v okamžiku, kdy se vyčerpá přibližně polovina světových zásob. Díky tomu se její cena rapidně zvýší. Některé odhady sdělují, že už k tomuto zlomu došlo, nebo k němu dojde za několik let. Jiné teorie hovoří o abiogenním vzniku ropy, a to tak, že se přetváří obrovské podzemní ložiska uhlíku pomocí termofilních bakterií. To by znamenalo, že by ropa nebyla fosilním (neobnovitelným) palivem, ale byla by obnovitelná, takže by nikdy nedošla. Tuto teorii podporuje velké množství spolehlivých důkazů, ale převažuje názor, že se jedná o miliony let usazené organické zbytky a její zásoby jsou omezené. [11] Na obr. 2.1 je vyobrazena mapa ropovodů ve střední Evropě.



Obr. 2.1 Mapa ropovodů ve střední Evropě [47]

## 2.2 Pohonné hmoty

Jde o specifické chemické látky, případně o směsi chemických látek. V určitých podmínkách začínají a udržují chemickou reakci, a to spalování. Během této reakce je uvolňována chemická reakce, která se přeměňuje na tepelnou energii. Tuto energii je dále možné využít. Mezi specifické skupiny paliv patří pohonné hmoty. Do této skupiny mohou být zařazeny i výbušniny a do zvláštní kategorie je přiřazeno jaderné palivo. [1;13]

Požadavky na pohonné hmoty:

- Vytvoření zápalné směsi se vzduchem tak, aby zanechala co nejmenší množství látek, které jsou škodlivé (chemicky nebo mechanicky).

- Obsahovat maximální počet látek, které jsou aktivní a uvolňují teplo.
- Obsahovat minimální počet látek, které jsou pasivní a zhoršují spalování. [13]

Pohonná hmota by měla být dostatečně výhřevná, zápalná, odpařivá a měla by mít správnou rychlost spalování, vhodnou teplotu bodu zápalu (samovznícení) a správné chemické složení. Jejich směšovací poměr by měl mít vyhovující rozpětí. Tyto faktory řadíme mezi fyzikální vlastnosti. Mimo tyto požadavky by měla mít dobrou dostupnost a co nejnižší cenu. Její přepravování by mělo být co nejbezpečnější a skladování co nejsnadnější. Pohonné hmoty je možné rozdělit mezi pevné, kapalné (benzin, motorová nafta) a plynné. [1]

### 2.2.1 Složení pohonných hmot

Sloučením uhlíku a vodíku vzniknou uhlovodíky. Jejich atomy vytváří různé chemické sloučeniny o velkém množství (tisíce) a alespoň stovky z nich jsou vhodné jako složky automobilových paliv. Atomová hmotnost uhlíku je 12 a je schopen vázat např. čtyři atomy vodíku – čtyřvalence. Atomová hmotnost vodíku je 1 a na rozdíl od uhlíku je jednovalentní. Nejjednodušeji se tyto prvky mohou sloučit jako  $\text{CH}_4$ , což je methan. Z atomů vodíku však mohou vzniknout velmi rozmanité struktury, a to v případě, že se budou vázat i mezi sebou. Vazby mohou být, kromě jednoduché, dvojná i trojná. Například se jedná o ethylen  $\text{C}_2\text{H}_4$  a acetylen  $\text{C}_2\text{H}_2$ . [3]

Jednodušší strukturou jsou n-alkany, kde je atomy uhlíku vytvořen přímý řetězec. Mezi složitější patří iso-alkany, které mají rozvětvený uhlíkový řetězec. Jedná se například o izobutan, ten patří mezi nejjednodušší uhlovodíky tohoto typu. Avšak může jít i o mnohem složitější řetězce jako je izooktan, jinak řečeno 2,2,4-trimethylpentan. Tato sloučenina patří mezi jeden ze základních uhlovodíků, který se používá při zkoušce oktanového čísla benzínu. Dále může vznikat uzavřený útvar uhlíkových atomů, jenž se nazývá cyklan. Cyklopropan patří mezi nejzákladnější cyklany a je složen ze tří atomů uhlíku. Mezi běžnější však patří cyklické kruhy, které mají pět nebo šest členů.

V případě, že je v takových strukturách vyskytnutá dvojná vazba – mezi dvojicí uhlíků, anebo více takových dvojic, jedná se o alkeny, olefiny nebo uhlovodíky, které nejsou nasycené (včetně cyklických). Pokud se vyskytují dvě dvojná vazby, nazývají se tyto uhlovodíky dieny.

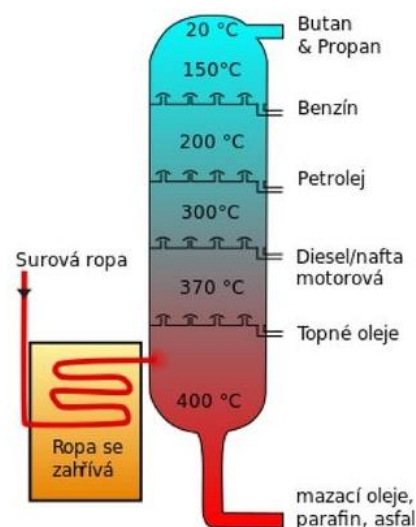
Pokud je z šesti atomů uhlíků vytvořen kruh, který má konjugované dvojné vazby (střídání jednoduché a dvojné vazby), jedná se kruh aromatický a uhlovodíky jsou aromáty. S těmito uhlíky se jedná jako se samostatnou zvláštní řadou, jelikož jejich některé vlastnosti jsou od ostatních odlišné (oktanové číslo, hustota aj.). O monoaromát se jedná v případě, že molekula uhlovodíku má jen jediný aromatický kruh. Diaromát je složen ze dvou aromatických kruhů a pokud jich má více, patří do polyaromatických uhlovodíků. Ty mohou být velmi nebezpečnými pro životní prostředí i člověka kvůli jejím karcinogenním vlastnostem a možnosti ovlivnění mutagenitu. [4;5;12] Aditivace pohonných hmot je uvedena v příloze 1.

### 2.2.2 Výroba pohonných hmot

Výroba pohonných hmot se skládá z následujících částí.

#### Rafinace frakcí používaných při výrobě pohonných hmot

Při výrobě pohonných hmot se rafinují frakce, přičemž dochází k jejich odsíření. V palivech jsou obsaženy sírné sloučeniny, které patří mezi nežádoucí složky. Pokud dojde k jejich spalování, dojde ke vzniku oxidu siřičitého, který zhoršuje životní prostředí. Sírné sloučeniny se dají označit pro různé katalyzátory za katalytický jed. Tyto katalyzátory se využívají při katalytických procesech, při kterých se vyrábí pohonné hmoty. Při výrobě motorových paliv se ve frakcích objevuje síra, která má formu sulfidů, disulfidů, thiolů, thiofenů a jejich derivátů. Pomocí hydrogenační rafinace je možné z frakcí, které slouží pro výrobu motorových paliv, sírné sloučeniny odstranit. [1;3]



Obr. 2.2 Frakční destilace ropy [48]

Hydrogenační rafinace je nejvíce využívána při výrobě automobilových paliv. Je možné ji nazvat hydrodesulfurací nebo hydrodenitrogenací. O tom, jak se bude tento proces nazývat, rozhoduje jeho účel, jelikož reakce, které v něm probíhají, jsou v podstatě stejné. Hydrodesulfurace se provádí kvůli odstranění síry, která je obsažena v sírných sloučeninách.

Hydrodenitrogenace odstraňuje dusík ze sloučenin, které obsahují dusík. Dále odstraňuje kyslík ze sloučenin, které ho obsahují – deoxidace. V případě, že jsou v surovině přítomné olefiny, tak probíhá hydrogenace olefinů. Podle toho, jaké vzniknou reakční podmínky, dochází i k nežádoucímu hydrokrakování uhlovodíků. [3;4] Na *obr. 2.2* je zobrazena frakční destilace ropy.

### **Reformování benzinů**

Při destilaci ropy vzniknou benziny, které mají nedostačující oktanové číslo pro současné automobilové benziny. Z tohoto důvodu musí proběhnout katalytické reformování, což je proces, při kterém dojde ke zvýšení oktanového čísla. Toho docílí změna struktury uhlovodíků, které jsou přítomné ve zpracovávané surovině. Změnu struktury provádí katalyzátory a vodík, jenž zabrání koksotvorným reakcím, které jsou nežádoucí. Při katalytickém reformování není vodík spotřebováván, ale dochází k jeho vzniku. Jedná se o jeden z nejdůležitějších procesů při rafinování. Bez tohoto procesu by nebylo možné vyrobit moderní automobilový benzin. [3]

### **Izomerace**

Při izomeraci dojde ke změně uspořádání atomů v molekule. Nezmění se jejich druh, ale počet, který molekulu vytváří. Při zpracování ropy se používá, hlavně pokud je zapotřebí zvýšení oktanového čísla u lehkého benzínu. Izomeraci je možné použít k přeměnění n-butanu na izobutan – ten se používá při výrobě alkylátu. Pokud dojde k přeměnění n-butanu na izobuten, dojde k jeho využití při výrobě methyl-terc-butyletheru. Obsah lehkého benzínu je složen hlavně z n-pentanu, n-hexanu a málo rozvětvených C<sub>6</sub> izomerů. Oktanové číslo a tlak par těchto izomerů je větší, bod tuhnutí a bod varu je nižší než u n-alkanů, které jim odpovídají. Automobilové benziny využívají izomerát lehkého benzínu jako svou složku. [4]

### **Alkylace**

Pokud při výrobě paliv dochází ke štěpným procesům (při termickém a katalytickém krakování), vznikne mimo kapalného produktu i plynný, který je nasycený nebo nenasycený uhlovodíky. Podle toho, jaký je použit proces, tak je velké jejich množství. Vysokooktanové benziny se vyrábí pomocí alkylace. Dříve se uplatňovala termická alkylace, dnes je používá-



na hlavně katalytická. Tento proces vytváří produkty, které mají velké oktanové číslo a jsou přidávány do automobilových i leteckých benzinů. Má větší uplatnění než polymerace, protože přemění na benzin i izobutan a ne jen alkeny. Dále je alkylát kvalitnější, kvůli obsahu nasycených uhlovodíků, v porovnání s alkeny, které jsou obsaženy v polymerátu. [3;4]

## **Polymerace**

Pomocí polymerace se vyrábí pohonné hmoty, mazací oleje a různé polymery. Pokud se jedná o výrobu pohonných hmot, spojí se 2–3 molekuly plynných C3–C4 alkenů a ty připraví izoalkeny, které jsou výševroucí. Oktanové číslo izoalkenů je vysoké, ale obsahují nevýhodné dvojně vazby, které jsou odstraněny hydrogenací. V dnešní době už není tolik využívána jako alkylace. [1;3]

### *2.2.3 Trh s pohonnými hmotami*

V budoucnosti bude trh s motorovými palivy stále více ovlivněn regulačními orgány. Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO) uvedla, že se v roce 2019 trh s pohonnými hmotami mírně rozvíjel. Podíl na tomto stavu má zejména prosperující ekonomie a prodej ropy i benzínu. I když na jaře 2019 došlo ke kontaminaci ropy, kterou dodává ropovod Družba a bylo možné, že se zastaví provoz rafinerie Unipetrol – Litvínov. Tato situace však byla dobře vyřešena, jelikož se zapůjčila ropa ze státních rezerv a nyní je vrácena.

Cílem českého i evropského zákonodárství je úspora až 6 % emisí CO<sub>2</sub> na jednotku energie, která se nachází v palivu, proti minulým letům. Přibližně 96 % energie do dopravy přináší klasické pohonné hmoty. V roce 2020 dojde k zavedení benzínu E10 na trh. Tento benzin obsahuje do 10 % biosložky. Cílem je navýšení podílu obnovitelné energie.

Podle evropské Směrnice EU 2018/2001 (RED II) je předepsáno, že je do roku 2030 nutné, aby byl v dopravě zajištěn 14% podíl obnovitelné energie. Dosažení tohoto cíle nebude jednoduché, jelikož v roce 2030 (podle různých propočtů) bude stále 90 % energie v dopravě na základě ropy a benzínu. Skladba dopravních prostředků se sice možná změní následkem tlaku Evropské unie, ale nepůjde o rychlou změnu. Podle ČAPPO je nutné, aby dodavatelé energie do dopravy spolupracovali vzájemně i s ministerstvem průmyslu, ministerstvem obchodu a ministerstvem životního prostředí. Díky tomu bude možné splnit cíle Směrnice RED II za nízkých nákladů.

Pokud se srovná český a zahraniční trh v oblasti kvality paliv, tak si český trh stojí lépe. [8;9]

#### 2.2.4 Rafinerské produkty

V rafinériích se vyprodukují hotové výrobky, které se používají v přímé spotřebě anebo suroviny, které se dále zpracovávají a jsou z nich vyrobeny poloproducty a výrobky. Hlavními výrobky rafinérií je automobilový benzin, motorová nafta, letecké palivo, plynné palivo, mazací a topný olej a asfalt. Rafinerie, které mohou provádět koksování těžkých ropných frakcí, jsou schopny vyprodukovat i různorodé koksy. Určité množství ropných surovin využívá petrochemický průmysl, který z nich vyrábí ethylen, propylen, benzen, ethylbenzen, xylen a další chemikálie. Základní frakce uhlovodíků jsou uvedeny v *tab. 2.1.* [3]

Tab. 2.1 Základní frakce uhlovodíků [46]

Frakce	Destilační rozmezí	Produkt
plyny	pod 30 °C	topné plyny a zkapalněné uhlovodíkové plyny
benzin	30–200 °C	složky automobilového benzínu
petrolej	180–270 °C	palivo leteckých motorů
plynový olej	250–360 °C	motorová nafta
mazut	destilační zbytek	topný olej, těžký olej, asfalt

### 2.3 Spalování pohonných hmot

Spalování pohonných hmot probíhá pomocí spalovacího motoru, který při spalování paliva získá tepelnou energii. Ta je pomocí určitého stroje převedena na mechanickou práci. Při pohánění letadel se využívá především lopatková spalovací turbína a proudový motor, jež dokáží spálit letecký petrolej. Pokud se pohání automobil, je využíván zážehový (spalování automobilového benzínu) nebo vznětový (spalování motorové nafty) motor.

Pokud je celkový objem válce ke kompresnímu objemu (kompresní poměr) veliký, jeho tepelná účinnost je velká a pístové motory mají velký výkon. Takže platí, že čím větší objem, tím větší výkon. Zážehové motory mají omezené zvětšování kompresního poměru, kvůli detonačnímu spalování směsi – požadované oktánové číslo. Co se týká vznětových motorů, je omezen kvůli konstrukci motoru. [3;6]

### 2.3.1 Zážehové motory

Směs vzduchu a paliva se zapálí pomocí zážehu elektrické jiskry, která je vytvořena zapalovací svíčkou. Jejich pracovní oběh se skládá ze čtyř pracovních dob (fáze). A to sání, komprese, expanze a výfuk. [2;6]

- V první fázi se píst přesouvá od horní úvratě k dolní. Ve válci vzniká podtlak a díky němu je nasávána náplň přes otevřený sací ventil. V této fázi je výfukový ventil zavřený.
- V druhé fázi je sací i výfukový ventil zavřený. Náplň je stlačena pomocí pístu, který se pohybuje od dolní úvratě k horní. Kvůli kompresi je náplň zahřívána. Dochází k odpařování kapiček paliva a mísení se vzduchem. Je důležité, aby co největší část paliva shořela co nejbližší horní úvratě, kvůli tepelné účinnosti oběhu. Z toho důvodu je směs zapálena v předstihu před horní úvratě pomocí jiskry ze zapalovací svíčky. Při hoření vzroste tlak i teplota náplně válce.
- Ve třetí fázi dojde k dohoření zbytků paliva, které je ve válci. Plyny, které vznikly při spalení, stlačí píst z horní do dolní úvratě, když je sací i výfukový ventil zavřen. Plyny v tento moment konají práci, která je pomocí klikového ústrojí převáděna na klikovou hřídel motoru a z ní na kola automobilu. Ve válci teplota i tlak postupně klesají.
- V poslední fázi se z pracovního prostoru odstraní spaliny. Ve výfukovém potrubí je tlak nižší než ve válci, a tak je únik spalin velmi rychlý. V této fázi je výfukový ventil otevřen a píst se pohybuje z dolní úvratě do horní. [2;6]

Pokud má zážehový motor správný chod, směs paliva a vzduchu se nasává do válce motoru, následně je zkomprimována a před horní úvratě pístu se zapálí pomocí jiskry, kterou vytvoří zapalovací svíčka. Tlak a teplota spalin, která vzniká, se využívá k pohánění vozidla. Jestli se směs vznítí ještě před tím, než by ji měla zapálit jiskra, spálí se mnohem dříve. Díky tomu ve válci stoupá tlak a ten je přenášen ojnicí pístu na klikový hřídel a ložiska. Tento jev je nazýván jako klepání. Klepání zapříčiňuje menší výkon motoru a kvůli němu je i ovlivněna životnost některých částí motoru.

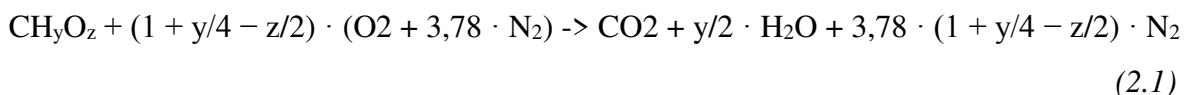
Tendence paliva ke vzniku klepání motoru je ovlivněno složením paliva, kompresním poměrem, počtem otáček, teplotou ve spalovacím prostoru a jeho tvarem atd. [3]

### 2.3.2 Vznětové motory

V případě vznětových motorů je zapálena směs vzduchu a paliva pokud se zahřeje nad teplotu, při které se směs vznítí. K zahřátí a zapálení dojde při stlačení směsi na velký tlak. Jejich pracovní fáze jsou velmi podobné, jako u zážehových motorů. V případě sání je však do válce přiváděn pouze vzduch, který se nasává pomocí vzniklého podtlaku, anebo ho dodá dmýchadlo. U zážehových motorů je velký kompresní poměr, z toho důvodu se vzduch stlačí na větší tlak. Proto je zahřátý na vyšší teplotu, na rozdíl od zážehových motorů. Před tím, než je dosažena horní úvrať komprese, se do spalovacího motoru vstříkne palivo. Palivo se musí vstříkovat pod velkým tlakem, aby došlo k vytvoření drobných kapiček, které se kvůli horkému vzduchu rychle odpaří a spolu se vzduchem tak vytváří hořlavou směs. Za určitou dobu se palivo vznítí a usilovně hoří. Teplota i tlak směsi ve válci vzrostou. Aby se palivo nenahromadilo a nevznítlo později, musí se vznítit hned po vstříku, jinak by byl na píst vytvářen velký tlak. Tento děj se nazývá tvrdý chod. Pokud k tomuto stavu dojde, účinnost vznětového motoru je nižší a opotřebení vyšší. Tendence k tvrdému chodu je charakterizována pomocí cetanového čísla. [2;4]

### 2.3.3 Vznik emisí při spalování pohonných hmot

Při oxidaci paliva a vzdušného kyslíku podle rovnice 2.1 se spalují pohonné hmoty, které se dají obecně vyjádřit podle vzorce  $CH_yO_z$ . [3]



Pokud se jedná o reálné spalování v motorech, nedojde zde k dokonalé oxidaci paliva. Z toho důvodu výfukové plyny obsahují oxid uhelnatý a uhlovodíky, u kterých nedošlo ke spálení. Když se spalují paliva, vznikají vysoké teploty, při kterých dusík pocházející ze vzduchu oxiduje. Vzniknou oxidy dusíku, jejichž složení obsahuje oxid dusnatý a oxid dusičitý. Tyto oxidy jsou také obsaženy ve spalinách.

Nespálené uhlovodíky tvoří nespálené, částečně oxidované a termicky rozštěpené palivo. Kvůli těmto složkám, zejména alkenům, se tvoří toxický přízemní ozon. Na sliznici a oči dráždivě působí aldehyd a formaldehyd má mutagenní účinky. Vylučovaný benzen je

zařazován mezi karcinogeny, mezi které patří některé polyaromatické uhlovodíky, jež také vznikají při spalování.

Oxid uhelnatý poškozuje živé organismy nedostatkem kyslíku, jelikož blokuje funkci krevního barviva hemoglobinu tím, že jeho schopnost vázání je větší než kyslík. Protože mozek vyžaduje největší dodávky kyslíku, je oxid uhelnatý označován za nervový jed. Dále je jednou z látek, která zapříčiňuje vznik letního smogu.

Oxid dusnatý není napřímo příliš škodlivý. V atmosféře se však postupně pomocí oxidace změní na oxid dusičitý, který je mnohem škodlivější. Pokud ho pohltí voda, je pomocí něj vytvořena kyselina dusičná, která způsobuje poškození živých organismů a stavebních materiálů.

Zážehové motory obsahují řízený katalytický systém, který dodatečně upravuje složení spalin. Obsahuje katalyzátor, lambda-sondu, řídicí jednotku a přesný dávkovač paliva do válce motoru. Řízeným katalyzátorem je umožněno dodatečně oxidovat nespálené uhlovodíky a oxid uhelnatý na oxid uhličitý a vodu. Dále redukuje oxidy dusíku na dusík. Lambda-sonda zajišťuje účinnost katalyzátoru, jelikož je podle ní vyhodnocována koncentrace kyslíku, který obsahují výfukové plyny. Podle signálu z lambda-sondy je pomocí řídicí jednotky upraveno množství paliva, které je vstřikováno. [1;2;6]

## **2.4 Benzin**

Jedná se o těkavou hořlavou kapalinu, která se získá rafinací ropy nebo surového oleje. Původně se vyřazoval jako vedlejší produkt při výrobě petroleje, ale protože se odpařuje při nízkých teplotách, stal se užitečným palivem pro mnoho strojů. V dnešní době se téměř veškerý benzin používá k pohonu automobilů, malé procento se používá k pohonu zemědělské techniky a letadel.

Jedná se o jeden z produktů, který se získá při destilaci a rafinaci ropy. Dříve se do benzínu přidávaly sloučeniny organického olova, aby bylo sníženo klepání motorů, ale kvůli ochraně životního prostředí to dnes není běžné. K benzínu jsou přidávána další aditiva, aby byl stabilizován, zlepšila se jeho barva, vůně a sladěnost. [14]

### *2.4.1 Výroba automobilového benzínu*

V první řadě je nutné nalezení ropy. Surová ropa je zachycena v oblastech porézni horniny nebo v oblasti, kam migrovala z oblasti svého původu. Možné oblasti její koncen-

trace lze určit hledáním typu horniny, ve které se běžně vyskytuje. Zkoumají se povrchové vlastnosti země, analyzují se odrazy zvukových vln, nebo se využívají gravitační měřiče, které detekují i malé rozdíly ve skalních útvarech.

Po možném objevení naleziště je nutné oblast otestovat. Vzorky jádra se odebírají ze zkušebních jamek kvůli potvrzení formování hornin. Vzorky se chemicky analyzují, aby se zjistilo, jestli mají probíhat další vrty.

Surová ropa se získává skrze studny, do kterých se otvory vyrábí rotačními vrtáky. Při vrtání se využívá voda, aby společně s půdou vytvořila husté bahno, které následně zabraňuje tryskání ropy, které je zapříčiněno vnitřním tlakem.

K získání ropy z vrtu je potřeba nainstalovat složitý systém potrubí a ventilů. Přirozený tlak přivádí ropu přímo do potrubí, které je připojeno k rekuperačnímu systému, který přivádí ropu do rafinerie skrz odlučovač ropy a plynu. Po úbytku přirozeného tlaku se využívají sekundární metody. Tlak se obnovuje buď vstříkáním plynu do kapsy nad ropou, nebo se studna zaplaví vodou – ropa bude plavat na vodě a dostane se na povrch. [6;14]

### **Frakční destilace**

Dlouhé řetězce molekul v ropě se musí rozdělit do menších řetězců rafinovaných paliv, mimo jiné i benzínu. Olej se přečerpá a zahřeje na více než 300 °C, čímž dojde k odpaření molekul. Páry následně stoupají do frakční kolony a tím se ochlazují. Body varu všech sloučenin jsou rozdílné, těžší molekuly kondenzují níže než ty lehčí. Benzin kondenzuje při 70 °C. Samotná frakční destilace benzin nevyrobí, pouze ho odstraní z jiných sloučenin v ropě. Ke zlepšení kvality paliva se používají další rafinační procesy. [2]

### **Rafinace ropy**

Jedním z nejdůležitějších procesů při rafinaci ropy je katalytické krakování. Při tomto procesu se využívá katalyzátor, vysoká teplota a zvýšený tlak, což ovlivňuje chemické změny v ropě. Jako katalyzátory se využívají hliník, platina, jíl a kyselina, které se přidávají do ropy, aby rozložily větší molekuly na sloučeniny benzínu.

Dalším procesem je polymerace. Ta naopak od krakování slučuje menší molekuly lehčích plynů do větších. Tyto molekuly se mohou použít jako kapalná paliva. [14]

#### 2.4.2 ČSN EN 228 + A1

Jedná se o českou verzi evropské normy EN 228:2012+A1:2017. V České republice byla vydána 1. 1. 2018, následná aktualizace některých částí byla provedena a vydána v říjnu a prosinci 2019. Tato norma nahrazuje normu ČSN EN 228, která byla vydána v roce 2013.

Stanovuje nároky a metody, kterými se zkouší prodávané a dodávané bezolovnaté automobilové benziny. Je určena pro bezolovnaté benziny, které využívají benzinové motory vozidel, která jsou provozuschopná s bezolovnatým benzinem. [54]

#### **Označování výdejních stojanů**

Norma udává, jaké informace a jednotlivé rozměry značek musí vyznačovat výdejní stojany. Vše musí být ve shodě s normou EN 16942. Je nutná jasná viditelnost a snadná čitelnost označení, které musí být umístěno všude, kde se bezolovnaté benziny s přísadami kovů vydávají spotřebitelům. Štítek musí uvádět „Obsahuje přísady na bázi kovů“ a toto označení musí být napsané v národním jazyce. Doporučením pro další označení je specifikování oktanového čísla. [54] V příloze 1 jsou uvedeny vzory štítků pro automobilový benzin.

#### **Biosložky**

V automobilovém benzínu je povoleno až 10 % obj. ethanolu, který odpovídá EN 15376. V případě, že je ethanol mísicí složkou, je možné (pokud to vyžadují evropské a národní předpisy), aby obsahoval denaturační činidlo (např. 10% methanol). Denaturační činidlo může být využito jen v případě, že nebude mít vedlejší škodlivý účinek na vozidlo a palivovou soustavu.

Dále je doporučeno, aby byl zaznamenán biologický původ ethanolu, který by bylo možné doložit. Při tomto vytyčení je možné využít stanovení stárí, které je založeno na tom, jak se rozkládá radioaktivní izotop uhlíku. Tato metoda je náročná, ale při zpochybnění postupu auditu je velmi důležitá.

Další biosložky jako syntetický uhlovodík je možné přidávat v jakémkoli poměru v případě, že v konečné směsi vyhovují normě EN 228. Obnovitelné suroviny mohou být společně zpracovávány v rafinérii v případě, že bude výsledné palivo splňovat požadavky EN 228. [3;4]

## **Barviva a značkovací látky**

Je možné využít barvivo a značkovací látku v případě, že nebude negativně působit na palivový systém a nebude mít škodlivé účinky na vozidlo. [54]

## **Přísady**

Aby se zlepšila kvalita paliva, je možné použít přísady. Doporučené jsou ty, které nemají vedlejší škodlivé účinky. Pomocí nich je možné regulování emisí a udržování dobrých jízdních vlastností. Mělo by jich být přiměřené množství, ale je možné použít i jiné technické prostředky, které mají stejný účinek.

Kvůli ochraně katalyzátoru výfukových plynů se nesmí do paliva přidávat přísady, které obsahují fosfor.

V případě, že je použit trikarbonylmangan (MMT), je nutné, aby byl benzin speciálně označen. Základem přísady MMT je kov a tu je možné využít do bezolovnatého benzínu. [3]

## **Požadavky závislé na klimatických podmínkách**

- Citlivost k vodě – jelikož jsou některé automobilové benziny schopné absorpce vody, je nutné, aby dodavatel zaručil, že v klimatických podmínkách, které se běžně vyskytují v příslušné zemi, nedojde k oddělení vody. Pokud je možné, že by oddělení vody mohlo nastat, je nutné využití antikoročních přísad.
- Požadavky na těkavost – aby se vyhovělo požadavkům jízdních vlastností vozidel, jsou definovány třídy těkavosti (které uvádí *tab. 2.2*) podle evropských sezónních a geografických podmínek, jelikož je letní a zimní období pro pohonné hmoty odlišné. Všechny země stanovují, které z těchto tříd v příslušném ročním období budou využívat (jednu nebo více). Na začátku a na konci léta jsou přechodná období, která musí trvat minimálně čtyři týdny. V případě, že je přechodné období kritické, je prodlouženo na osm týdnů. [54]



Tab. 2.2 Třídy těkavosti [54]

Vlastnost	Jednotka	Třída A	Třída B	Třída C/C1	Třída D/D1	Třída E/E1	Třída F/F1
Tlak par	kPa	45–60	45–70	50–80	60–90	65–95	70–100
Odpařené množ. při 70 °C, E70	% obj.	20–48	20–48	22–50	22–50	22–50	22–50
Odpařené množ. při 100 °C, E100	% obj.	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71
Odpařené množ. při 150 °C, E150	% obj.	min. 75	min. 75	min. 75	min. 75	min. 75	min. 75
Konec destilace, FBP	°C	≤210	≤210	≤210	≤210	≤210	≤210
Destilační zbytek	% obj.	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2

V České republice je prodávána třída A, a to v období od 22. 4. do 30. 9., a třída D je prodávána v období od 16. 11. do 21.3. Mezi letním a zimním obdobím nastává přechodové období, ve kterém je připuštěno smíchání zimní a letní třídy – přechodový benzin třídy C1. [54]

### Zaznamenání oktanového čísla

Oktanové číslo je zjišťováno buď výzkumnou metodou (OČVM), anebo motorovou metodou (OČMM). V tab. 2.3 jsou uvedeny druhy bezolovnatého benzínu, jejich oktanová čísla a další některé vlastnosti. [19]

Tab. 2.3 Druhy bezolovnatého benzínu [54]

Označení	OČVM	OČMM	Barva	Obsah ethanolu max. % (V/V)
Super BA 95 Natural 95	95,0	85,0	nebarveno	5,0
Super BA 95 E10	95,0	85,0	nebarveno	10,0
Super Plus BA 98 Natural 98	98,0	88,0	nebarveno	5,0
Normal BA 91	91,0	81,0	nebarveno	5,0
Speciál BA 91*	91,0	81,0	oranžové	5,0

\* Toto palivo obsahuje přísadu, která chrání netvrzené ventilové sedla u starších vozidel proti jejich zatloukání (VSRPA). [19]

OČVM a OČMM nabývají hodnot, které jsou upraveny podle příslušných rovnic 2.2, 2.3. OČVM<sub>m</sub> a OČMM<sub>m</sub> jsou naměřené hodnoty podle norem EN ISO 5164 a 5163. [54]

$$\text{OČVM} = \text{OČVM}_m - 0,2 \qquad 0,2 - \text{korekční faktor} \qquad (2.2)$$

$$\text{OČMM} = \text{OČMM}_m - 0,2 \qquad (2.3)$$

### **Povolené odchylky tlaku par**

Střední hodnota obsahu ethanolu povoluje odchylku par. Její hodnoty jsou uvedeny v *příloze 3*, které stanovuje přímá interpolace. [54]

### **Požadavky na:**

- kvalitu ethanolu přidávaného jako mísící složka do bezolovnatých benzinů – v případě, že je v České republice přidáván do automobilového benzínu ethanol, musí kvalitativně odpovídat ČSN EN 15376.
- maximální obsah kovů v bezolovnatých automobilových benzinech – je zakázáno použít olovnaté přísady v bezolovnatých automobilových benzinech, ale i přísady, které obsahují sloučeniny železa a sodíku. Celkový možný obsah uvedených kovů, který by se mohl vyskytovat v automobilových benzinech, je 5 mg/kg. Použití přísad, které obsahují mangan, je zakázáno. Obsažení manganu je limitováno na 2 mg/l. Při kontrole těchto kovů se používají metody atomové absorpční nebo hmotnostní spektrometrie. [54]

## **2.5 Nafta**

Jedná se o směs uhlovodíků, které jsou vroucí mezi 150–360 °C. Je vyrobena smíšením petroleje a plynového oleje. Obsah petroleje dává požadavek na bod vzplanutí a obsah plynového oleje je omezen úsadami, které vznikají ve spalovacím prostoru. Lze ji řadit do středních ropných destilátů. V dnešní době patří k nejdůležitějším motorovým palivům v hospodářsky vyspělých zemích.

U motorové nafty se klade požadavek na její dobrou vznětlivost při spalování, které probíhá ve vznětových motorech. Průtah vznícení je doba od vstřiku paliva do spalovacího prostoru do jeho vznícení a měla by být přiměřená. Kromě chemického složení a destilačních vlastností paliva je důležitá i konstrukce vstřikovacího zařízení a spalovacího prostoru.

Motorová nafta se využívá k pohonu vznětových motorů v nákladní, železniční a lodní dopravě, pro pohánění zemědělských strojů a osobních automobilů. Množství osobních automobilů, které využívají pro pohon motorovou naftu, je každým rokem větší. Dále stoupá i počet nákladních automobilů, které ji využívají. Spotřeba motorové nafty je však tak veliká, že ji nepokryjí pouze zdroje z destilované ropy, ale využívají se i složky, které vznikly při konverzi frakcí a původně se používaly k vytváření ropných olejů. [6;13;15]

### 2.5.1 Výroba motorové nafty

Prvotní složkou nafty, je stejně jako u benzínu, ropa. Jakmile je tento olej vytěžen, je přepraven do rafinerie, kde projde třemi procesy, a to separací, přeměnou a čištěním. Proces separace probíhá ve velkých destilačních věžích, kde je olej vystaven extrémnímu teplu, které způsobuje jeho separaci na plyny a kapaliny. Produkty se separují na základě teplotních rozdílů mezi dnem a vrcholem věže. Ve vrcholu vzniká propanový plyn, nafta uprostřed a maziva na dně. Rozsah varu nafty je mezi 180–340 °C. Dalším krokem je konverze, která obvykle zahrnuje aplikaci katalyzátoru na některé z těžších olejů ze separačního procesu. Posledním krokem v procesu je čištění a obvykle zahrnuje vystavení produktů vodíku a katalyzátoru pro odstranění síry. [34;35]

### 2.5.2 ČSN EN 590 + A1

Tato norma popisuje technické požadavky na motorovou naftu. Jedná se o českou verzi EN 590:2013+A1:2017. Nahrazuje předchozí normu ČSN EN 590, která byla vydána v dubnu 2014. Tato norma byla vydána 1. 1. 2018 a obsahuje změny, které byly vytvořeny v březnu 2017. Uplatňuje se u motorové nafty, kterou využívají motorová vozidla se vznětovým motorem. Ta se provozují s využitím motorové nafty, která obsahuje až 7,0 % (V/V) methylesterů mastných kyselin (FAME = Fatty Acid Methyl Ester). [55]

## **Označování výdejních stojanů**

Jednotlivé informace, kterými musí být označeny výdejní stojany a trysky, které se používají pro vydání motorové nafty, musí odpovídat normě EN 16942.

Jako u bezolovnatého benzínu musí mít jasné, dobře viditelné a čitelné zobrazení. To musí být na jakémkoli místě, odkud se motorová nafta s kovovými přísadami dostane ke

spotřebitelům. Na štítku musí být v národním jazyce stanoveno „Obsahuje kovové přísady“.  
[55] V *příloze 2* jsou uvedeny vzory štítků pro motorovou naftu.

### **Barviva a značkovací látky**

Značkovací látku nebo barvivo je povoleno použít. V České republice nedochází k barvení a značkování. [55]

### **Přísady**

Pokud je zapotřebí zlepšení výkonu, je možné využít určité přísady. Je doporučeno použití vhodných přísad, které nemají známé škodlivé vedlejší účinky, a to v úměrném množství. Udržují jízdní vlastnosti na dobré úrovni a s jejich pomocí je možné regulování emisí. Kromě přísad je možné využití jiných technických prostředků.

Jako u automobilového benzínu, tak i u motorové nafty je při využití MMT vyžadováno zvláštní označení. Celkovou hodnotu MMT omezuje mezní hodnota manganu.

Motorová nafta nesmí obsahovat nežádoucí příměsi nebo znečištění, kvůli kterým by mohlo být palivo nevhodné při používání vozidla, která mají vznětový motor. [3]

### **FAME**

Pokud motorová nafta obsahuje FAME, klimatické podmínky, na kterých jsou požadavky na motorovou naftu závislé, nejsou platné. Povolená hodnota FAME je do 0,7 % (V/V).

Jednotlivé požadavky, které se odvíjejí od klimatických podmínek, jsou uvedeny v *příloze 3*. Motorová nafta je rozdělena do konkrétních tříd a ty se určují národními požadavky podle toho, jak velké množství FAME obsahuje, a jsou ovlivněny klimatickými podmínkami.

Přísady ve FAME, které zlepšují tekutost paliva (pokud jsou nízké teploty), se konkrétně musí přizpůsobit kvalitě nafty, ze které konečné palivo vzniká a FAME, čímž se zajistí správná užitná vlastnost, která odpovídá požadavkům normy. Pokud by se vybraly přísady náhodné, mohlo by dojít k nekompatibilitě mezi přísadami a motorovou naftou. Výběr technologie těchto přísad se smluvně zaručuje výrobce směsi a dodavatel FAME, přičemž obě strany musí dodržet požadavky normy. Při výrobě a skladování FAME je doporučeno přidání přísady, která zvyšuje oxidační stabilitu.

U teplot pod 0 °C je možné, že se v motorové naftě, která obsahuje FAME, objeví slabý zákal, který nezpůsobuje závady. Avšak nesmí ho doprovázet přítomnost volné vody, a jakmile se ohřeje na normální teplotu, musí z paliva zmizet. [3;6;55]

### Další biosložky

Použití parafinických naftových složek (hydrogenovaný rostlinný olej, zkapalněný zemní plyn, zkapalněná biomasa) je povoleno v jakémkoli rozsahu v případě, že budou v konečné směsi splňovat požadavky normy. [55]

### Požadavky závislé na klimatických podmínkách

Státy mají povoleno si samy zvolit třídy motorové nafty podle ročního období. V mírném klimatu je možné si vybrat mezi šesti třídami filtrovatelnosti CFPP (Cold Filter Plugging Point), v arktickém případně extrémně studeném klimatu se nachází tříd pět. V České republice se využívají třídy pro mírné klima, které jsou uvedeny v *tab. 2.5*. Jejich využití musí být odůvodněno národními meteorologickými údaji. [3]

*Tab. 2.4* Požadavky závislé na klimatických podmínkách [55]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty					
		Třída A	Třída B	Třída C	Třída D	Třída E	Třída F
CFPP	°C, max.	+5	0	-5	-10	-15	-20

Třída B – v období od 15. 4. do 30. 9., CFPP max. 0 °C

Třída D – v období od 1. 10. do 15. 11., CFPP max. -10 °C

– v období od 1. 3. do 14. 4., CFPP max. -10 °C

Třída F – v období od 16. 11. do 28. 2. (29. 2. pro přestupný rok), CFPP max. -20 °C [55]

V případě přecházení z třídy B na třídu D je od 1. 10. do 15. 10. povolena směs těchto dvou tříd a CFPP musí odpovídat max. 0 °C. Při přecházení z třídy D na třídu F je od 16. 11. do 30. 11. také povolena směs obou tříd a CFPP musí odpovídat max. -10 °C. [55]

#### 2.5.3 Benzin vs. nafta

Diesellové i benzinové motory jsou motory s vnitřním spalováním. Palivo se mísí se vzduchem při vstupu do motoru a tato směs se stlačuje uvnitř válců motoru. V určitém

okamžiku se palivo vznítí, pohání píst a otáčí klikovým hřídelem, který je připojen k převodovce vozidla a nakonec otáčí kola. Čím více válců motor má, tím plynulejší je jeho běh a tím větší výkon může dosáhnout. Avšak je složitější a kvůli tomu se stane mechanicky neefektivním. Způsob uspořádání válců má vliv na výkon, vibrace a další faktory. Toto platí pro naftové i benzinové motory. Rozdíl nastává při způsobu zapalování paliva, což bylo vysvětleno v kapitole 2.3 *Spalování pohonných hmot*.

I když nafta často stojí více než benzin, obsahuje více potenciální energie. Na dosažení stejného množství práce, není potřeba takového množství nafty na rozdíl od benzínu. Avšak když se srovnají celkové náklady na provoz, jsou konečné náklady na používání obou paliv v průběhu času téměř stejné.

Majitelé naftových motorů mají možnost využití i jiného paliva, a to bionafty. První diesellové motory běžely na naftu, která pocházela z arašídového oleje. A zatímco výroba vlastního benzínu je velmi složitá, nebezpečná a určitě se nedoporučuje, vlastní bionaftu je možné doma vyrobit.

Výkon benzinových a naftových motorů se měří z hlediska výkonu a točivého momentu. Pokud máte vysoký výkon a malý točivý moment, automobil nebude mít vysokou rychlost, protože jde o točivý moment, kvůli kterému se pohybují. Diesellové motory se využívají u nákladních vozů, protože jsou schopny pohybovat těžkými břemeny díky velkému točivému momentu. Benzinové motory dokáží vyprodukovat velký výkon, proto se na rozdíl od naftových motorů využívají u sportovních vozů.

Jeden z důvodů, proč naftové motory dříve těžko pronikaly na trh, bylo znečištění. V dnešní době moderní technologie zajišťují, že tyto motory běží čistěji než dříve. Avšak motory jsou stále špinavější, jelikož nafta nehoří tak čistě jako benzin. Látky vycházející z výfuků obsahují spoustu sazí, způsobených částečným spalováním síry, která je přítomna v motorové naftě. Dnes je velké množství síry odstraněno a výfukové plyny jsou filtrovány. Některé diesellové automobily používají přísadu AdBlue. Je to tekuté aditivum na bázi močoviny, které se používá na úpravu výfukových plynů nafty, aby byly čistší. [16;17;18]

## **2.6 Parametry pohonných hmot**

V následujících kapitolách 2.6.1, 2.6.2 a 2.6.3 jsou popsány jednotlivé parametry automobilového benzínu a motorové nafty, které se odvíjejí od norem ČSN EN 228 + A1 a ČSN EN 590 + A1.

### 2.6.1 Parametry automobilového benzínu

Základní parametry automobilového benzínu jsou uvedeny v tab. 2.6 a následně popsány v této kapitole. Tyto parametry vychází z normy ČSN EN 228 + A1. Vlastnosti, které nejsou uvedeny v tab. 2.6, se vyskytují v tab. 2.2 a 2.3.

Tab. 2.5 Základní požadavky automobilového benzínu [54]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min.	max.
Hustota při 15 °C	kg·m <sup>-3</sup>	720	775
Obsah olova	mg/l	-	5
Obsah manganu	mg/l	-	2
Obsah benzenu	% obj.	-	1
Obsah aromátů	% obj.	-	35
Obsah olefinů	% obj.	-	18
Obsah síry	mg/kg	-	10
Obsah kyslíku	% hm.	-	2,7
Oxidační stabilita	minuty	360	-
Obsah promytých pryskyřic	mg/100 ml	-	5
Korozivní působení na měď	korozivní stupeň	třída 1	

### Oktanové číslo

Rozsah klepání paliva při spalování určuje oktanové číslo. Hodnoty oktanového čísla (umělá stupnice) definují dva uhlovodíky, jejichž bod varu je podobný, ale při spalování se chovají odlišně. Oktanové číslo může nabýt hodnoty od 0 po 100.

Izooktan, jehož oktanové číslo nabývá hodnoty 100, představuje uhlovodíky, které mají velmi malý sklon ke klepání. Označuje se jako 2,2,4-trimethylpentan, i když toto označení není přesné, jelikož izooktanů je více.

N-heptan má oktanové číslo 0 a řadí se mezi uhlovodíky, u kterých dochází velmi snadno ke klepání motoru. Jedná se hlavně o n-alkany.

Pokud se stanovuje oktanové číslo, tak je spalována směs vzduchu a testovaného benzínu. Tento test se provádí pomocí zkušebního motoru za určitých podmínek. Okamžik klepání motoru nastává při postupně se měnícím stupni komprese. Klepání motoru zjišťuje čidlo, pomocí kterého se měří tlakové rázy. Následně se vyhledá směs n-heptanu s izooktanem, která začne klepat při stejných podmínkách jako benzin, který se testuje. Pokud benzin klepe jako směs, která má 80 % obj. izooktanu a 20 % obj. n-heptanu, je oktanové

číslo benzínu 80. Avšak benzin má oktanové číslo i v případě, že v něm žádný izooktan obsažen není. Při stanovení oktanového čísla u automobilových benzinů se používá výzkumná a motorová metoda. [1;3;6]

### **Tlak par**

Jedná se o tlak par systému, kdy jsou při určité teplotě rovnovážné fáze plynu a kapaliny. Při tomto nejnižším možném tlaku může být látka v pevném nebo kapalném skupenství. Naopak pro rovnovážný plynný stav je tento tlak nejvyšší. Tlak par se odvíjí od teploty. Čím vyšší teplota, tím vyšší tlak par. Norma ČSN EN 228 uvádí odlišné hodnoty tlaků par pro určitá teplotní období. Dále se tlak par spojuje s bodem varu. [41]

### **Tlak par a oxidační stabilita butanol-benzinových směsí**

Jednou ze složek automobilového benzínu je bioethanol, který smí být obsažen až do 10 % obj. Jinou možností může být biobutanol. Při biotechnologické výrobě butanolu se využívají stejné suroviny jako u ethanolu. Prostřednictvím mikroorganismů dochází k přímému zkvašení jednoduchých cukrů, které jsou následně fermentovány, čímž vzniká butanol.

Pokud je bioethanol obsažen v automobilovém benzínu, způsobuje vyšší rozpustnost vody a vytváří azeotropickou směs, která má nižší bod varu a vyšší tlak nasycených par. Při využití butanolu nedochází k tak výrazným změnám tlaku par.

Evropská unie povolila zvýšení bioethanolu na 10 % obj., což způsobilo ještě větší tlak par. Vysoký tlak par působí problémy rafinériím. Rafinérie omezují lehké uhlovodíkové složky benzínu v jejich množství, které je přidáváno do motorového benzínu, jelikož je následně přidáván ethanol a společně s ním musí splňovat požadavek na tlak par podle ČSN EN 228. Požadavky se dělí na zimní období a letní, ve kterém musí být hodnoty nižší, aby došlo k zamezení ztráty paliva odpařením. V zimním období jsou povoleny vyšší hodnoty, aby bylo zajištěné snadné startování automobilu, které je úměrné tlaku par. Pokud jsou okolní teploty nízké, musí být benzin schopen odpařování tak, aby vytvořil hořlavou směs se vzduchem.

Biobutanol nepohlcuje tolik vodu, a tak je možné ho dopravit stávajícím potrubním systémem, aniž by způsobil korozi. Jelikož má nižší hodnotu výparného tepla, studené starty nejsou tak rizikové. Protože je jeho energetický obsah větší, je snížena spotřeba paliva, která



je s nižším energetickým obsahem vyšší. Butanol má ve směsi vyšší hustotu i viskozitu, ale stále splňuje normní požadavky. K jeho nevýhodám patří nižší hodnota oktanového čísla.

To, jak je palivo odolné proti působení kyslíku, je udáváno oxidační stabilitou. Ta může být ovlivněna přítomností různých nečistot, které se do směsi benzínu a alkoholu dostanou při fermentační výrobě. Pokud by se do směsi přidal biobutanol, neznamenaloby to riziko pro oxidační stabilitu, kterou musí splnit podle normy.

V případě, že se do benzínu přidá větší množství butanolu, tlak par směsi se sníží. Pokud se následně do této směsi přidá ethanol, tlak par se naopak vždy zvýší. Kdyby na čerpacích stanicích došlo ke smíšení různých benzinů, byla by obtížná předpověď změny tlaku par a porovnání s normou. [43]

### **Vliv biobutanolu a bioethanolu smíšených s ethery na tlak par benzínu**

Alkoholová směs paliva a etheru významně ovlivňuje jeho těkavost (dosahuje vyšších i nižších hodnot). Pokud je v benzínu obsažen bioethanol a biobutanol, je potřeba upravit motor nebo palivo podle specifikací vozidla. Tlak par ovlivňuje jízdní vlastnosti motoru. Benzinová směs s ethanolem do 10 % obj. vytvoří nový azeotrop s minimálním bodem varu, což zvyšuje tlak par. Pokud benzinová směs obsahuje butanol, tlak par zvýšen není. Tlak par benzínu, který obsahuje vysoké procento ethanolu, n-butanol a isobutanol, je třeba zvýšit benzinem, který má nízkou teplotu varu. Butanol může být také využíván jako čisté palivo, na rozdíl od například bioethanolu, pokud je přidán n-pentan. Etery v benzínu s alkoholy způsobují nepředvídatelné jevy. Jedná se například o tlak par v zimním a letním benzínu, je odlišný a účinek není snadno předvídatelný. Tlak par výsledné směsi musí být monitorován kvůli případným negativním dopadům na spouštění motoru a distribuci a skladování paliva. Směsi s vyšším obsahem bioethanolu nebo biobutanolu vyžadují optimalizaci poměru palivo/vzduch, který je ovlivněn obsahem kyslíku v benzínu. [44]

### **Obsah olova**

Olovnaté aditivum má vliv na vznik samozápalů, které vznikají u spalovacích motorů s vysokou kompresí. Avšak kvůli škodlivým účinkům na zdraví, životní prostředí a na katalyzátory se musí měřit jeho obsah. Výše tohoto obsahu musí odpovídat normě ČSN EN 228 + A1. [39]

### **Obsah kyslíku**

Obsah kyslíku určuje součet všech obsahů kyslíku, který se vyskytuje v kyslíkatých látkách. Kyslík zlepšuje spalování paliva, ale zhoršuje jeho výhřevnost. Objevuje se v okysličovadlech jako je MTBE, ETBE a nebo ethanol. Tyto látky snižují oxid uhelnatý a nespálené palivo, které se vyskytují ve výfukovém plynu. [54]

### **Obsah promytých pryskyřic**

Promyté pryskyřice tvoří úsady v místech, kde se odpařuje benzin. Jejich obsah sděluje náchylnost benzínu k této tvorbě. V případě, že benzin obsahuje velké množství této složky, je možné, že se vstřikovače sacích ventilů, které se vyskytují ve vodítkách, zalepí. [54]

#### *2.6.2 Parametry motorové nafty*

Jednotlivé parametry motorové nafty udává *tab. 2.7*, která vychází z ČSN EN 590 + A1. Jejich popis poskytuje tato kapitola.

Tab. 2.6 Základní požadavky motorové nafty [55]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min.	max.
Cetanové číslo	-	51,0	-
Cetanový index	-	46,0	-
Hustota při 15 °C	kg·m <sup>-3</sup>	820,0	845,0
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m/m)	-	8,0
Obsah síry	mg/kg	-	10,0
Obsah manganu	mg/l	-	2,0
Bod vzplanutí	°C	nad 55	-
Karbonizační zbytek (vztaženo na 10 % destilačního zbytku)	% (m/m)	-	0,30
Obsah popela	% (m/m)	-	0,01
Obsah vody	% (m/m)	-	0,020
Celkový obsah nečistot	mg/kg	-	24
Korozivní působení na měď (3 h při 50 °C)	stupeň koroze	třída 1	
Obsah FAME	% (V/V)	-	7,0
Oxidační stabilita	g/m	-	25
	h	20	-
Mazivost, průměr oděrové plochy při 60 °C	µm	-	460
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,000	4,50
Destilační zkouška při 250 °C predestiluje	% (V/V)		<65
při 350 °C predestiluje	% (V/V)	85	
95 % (V/V) predestiluje při	°C		360

### Cetanové číslo a index

Stejně jako oktanové číslo je i toto definováno dvěma uhlovodíky, které nabývají hodnoty od nuly do sta.

Cetan (n-hexadekan) s cetanovým číslem 100, patří mezi uhlovodíky, které jsou málo náchylné na tvrdý chod. 1-methylnaftalen s cetanovým číslem nula patří k uhlovodíkům, které jsou velmi náchylné na tvrdý chod.

Měření cetanového čísla probíhá se zkušebním motorem s normovanými podmínkami. Kompresní poměr je při zkoušení postupně zvětšován. Dále se zjišťuje, při jakém nejmenším kompresním poměru je palivo spalováno, aniž by motor vynechal. Pro cetanové číslo jsou dobré n-alkany a aromáty jsou nejhorší. Požadavky na cetanové číslo jsou pozitivně ovli-

vněny větším kompresním poměrem a vyšší teplotou spalování. Jelikož je stanovování cetanového čísla velmi nákladné, existují i jiné metody, pomocí kterých se dá také stanovit. Jedná se například o cetanový index, ale přesná hodnota cetanového čísla se musí zjistit motorovou zkouškou.

Stejně jako cetanové číslo, tak i cetanový index je závislý na složení nafty. Při počítání cetanového indexu se využívá hustota paliva a teploty, při kterých je předestilováno 10, 50 a 90 % obj. vzorku. Čím je vyšší hustota nafty, tím je cetanový index menší. [3;4;6]

### **Bod vzplanutí**

Patří k nejvíce sledovaným parametrům. V tomto bodě, který se nachází v určité teplotě, vzplanou páry, které se vyskytují nad hladinou kapaliny. Tyto páry ihned uhasnou. Pomocí bodu vzplanutí se určují třídy nebezpečnosti a motorová nafta patří do třetí třídy. Její bod vzplanutí bývá přibližně mezi 58–75 °C. Bod vzplanutí se u zimní a letní nafty mírně liší. V případě jeho nižší hodnoty, než udává norma, je možná přítomnost benzínu, kvůli kterému může dojít k poškození motoru, protože snižuje mazivost nafty. [38;39]

### **Chladové parametry**

Druhy motorových naft jsou rozlišovány pomocí těchto parametrů a určují, jestli bude nafta v zimní období provozuschopná. Nafta obsahuje parafíny, což jsou pevné látky. Při normálních teplotách se v naftě rozpustí, ale v případě nízkých teplot znovu tuhnou a kvůli nim není palivo schopné se dopravit do motoru.

Jsou posuzovány tři základní body. Prvním bodem je bod zákalu (TVP = teplota vylučování parafínů), při kterém nafta zbledá, ale stále je možné ji čerpat. Druhým bodem je CFPP. V případě tohoto bodu je možné naftu načerpat, pravděpodobně dojde k nastartování motoru, ale neudrží svůj chod, jelikož se filtr pokryje vrstvou ztuhlých parafínů. Posledním bodem je bod tuhnutí, ve kterém už není možné naftu dopravit, načerpat ani vstříkovat, jelikož se z ní stane gelovitá hmota. [53]

### **Obsah mechanických nečistot**

Pohyblivé části palivové soustavy a motor jsou opotřebovány kvůli výskytu velkého množství mechanických nečistot. Aby byla palivová soustava chráněna, musí být přítomny palivové filtry a musí docházet k jejich pravidelné výměně. [39]

## **Viskozita**

Pomocí viskozity se zjišťuje to, jak je motorová nafta tekutá a jakou má díky tomu mazivost. Pokud je její viskozita nízká, nespočívá tolik na součástech palivového systému, které se pohybují, a mazivost je kvůli tomu snižena. Opotřebení je v tomto případě větší a zadření je více pravděpodobné. Avšak když se vstříkuje nafta s nízkou viskozitou, tvorba aerosolu je lepší. V případě vysoké viskozity nedojde k perfektnímu rozptýlení, čerpatelnost nafty se může zhoršit a dochází k větší tvorbě karbonu. [40]

## **Mazivost**

Odvíjí se od obsahu síry. Pokud je její množství nízké, je sice více chráněno životní prostředí, ale mazivost motorové nafty je horší, čímž může být způsobena chybná funkce palivového čerpadla a vstřikovače. Tento fakt se řeší pomocí aditivace, díky které je mazivost lepší než původně. [53]

### *2.6.3 Společné parametry automobilového benzínu a motorové nafty*

V této kapitole jsou popsány kvalitativní parametry, které se sledují u obou paliv.

## **Oxidační stabilita**

Jeden z parametrů, u kterého se vyžadují splnění technické normy, je oxidační stabilita. Zobrazuje to, jak je palivo náchylné k degradaci či stárnutí. Oxiduje v případě, že je přítomen kyslík, který se v něm alespoň částečně rozpustí. Velmi pomalu dochází k oxidaci hned po výrobě paliv a i při skladování. Při oxidaci se chemicky i fyzikálně přemění materiál. Rychlost a průběh těchto přeměn je závislý na tom, jak je koncentrován rozpuštěný kyslík, jaká je teplota, jaký vliv má UV záření a zda jsou přítomné některé kovy, které mívají katalytický účinek.

Než se palivo dostane od výroby k samotnému pohonu motoru, stárne. V tomto období se vystavuje různým teplotám. Při skladování do 50 °C, v motoru mezi 50 °C až 120 °C a při konečném užití ve spalovací komoře, ve které se dostane do styku s jejím horkým povrchem, až 150 °C. Na palivo má zároveň s kyslíkem vliv i zvýšená teplota.

Skladovací stabilitou je myšleno odolávání oxidaci při působení kyslíku a nízkých teplot. V tomto případě nemá na oxidaci vliv vysoká teplota. Rychlost oxidace je ovlivněna intenzitou přístupu kyslíku, a tím jaké jsou přítomné kovy a v jakém množství. U motoro-

vých naft, které obsahují biosložku, je skladování obtížné a například u motorové nafty, ke které se přidá čistě minerální motorová nafta, se oxidační stabilita zhorší tak moc, že se nesmí skladovat déle než tři měsíce od data výroby. V případě 100% bionafty je skladování možné pouze měsíc.

V případě automobilového benzínu, ke kterému se přidá bioethanol se problém s oxidační stabilitou neobjevuje. Odolnost ethanolu proti oxidaci je značná. [37;40;45]

### **Hustota**

Hustota kapaliny je udávána poměrem její hmotnosti k objemu. U motorové nafty i automobilového benzínu patří mezi základní charakteristickou vlastnost. Pomocí ní je možné určit, jaké má frakční a chemické složení. Pokud se hustota dostane mimo hodnoty, které vyžadují normy, je možné, že obsahuje nežádoucí složky.

Specifická hmotnost benzínu může být definována pomocí měrné hmotnosti benzínu. Měrná hmotnost je hustota objektu ve srovnání s maximální hustotou vody. Maximální hustota vody je 1 g/ml při přibližně 4 °C. Takže pokud je známá hustota v g/ml, měla by být tato hodnota měrná hmotnost benzínu.

U motorové nafty ji specifikuje obsah aromatů. Pomocí ní je ovlivněna výhřevnost paliva. Pokud má odlišnou hodnotu, než jakou udává norma, má vliv na výkon motoru, pohyblivé součásti palivové soustavy mohou být poškozeny, emise motoru mohou být zhoršeny a má vliv na to, jak je motorová nafta reaktivní. [36;53]

### **Destilace**

Tato zkouška se provádí vždy při zkoumání kvality paliva. U motorové nafty dochází k destilaci uhlovodíků při 150–360 °C. Začátek destilace není předepsán a zpravidla se řídí bodem vzplanutí. Norma udává, že při 250 °C musí být předestilováno méně než 65 % objemu, při 350 °C více než 85 % objemu a 95 % objemu může být předestilováno maximálně při 360 °C. Destilační křivka udává obraz převládajících frakcí a pomocí ní se určují níže a výševroucí podíly. Padesátiprocentní bod destilace je udáván teplotou, při které se předestiluje 50 % paliva. Ideálně by se měla pohybovat mezi 275 a 290 °C. Konec destilace by neměl nastat při více než 370 °C.

Při destilaci automobilového benzínu se při 70 °C sleduje jeho odpařené množství, které společně s tlakem par a indexem těkavosti určuje množství látek, které jsou těkavé

a usnadňují startování motoru. Při 100 °C je odpařené množství důležité kvůli tomu, jak rychle se motor zahřeje na pracovní teplotu a jak rychle reaguje na přidávání plynu. I množství, které se odpaří při 150 °C, je důležité pro akceleraci. Akcelerace motoru je lepší, pokud je velikost tohoto parametru menší. Aby nedošlo k zředění mazacího oleje palivem, které se neodpařilo, mělo by se do 180 °C odpařit asi 90 % objemu. Desetiprocentní bod destilace benzínu ovlivňuje schopnost motoru startovat při nízkých teplotách. Padesátiprocentní bod by u automobilového benzínu neměl být vyšší než 105 °C. Konec destilace určuje obsažené množství těžších podílů, které mají bod varu na 200 °C. [1;53]

### **Obsah síry**

Povolené množství obsažené v motorové naftě i automobilového benzínu je stejné. V případě vyššího čísla se jedná o kontaminovaná paliva, která mohou poškodit katalyzátor automobilu. U motorové nafty je snížena mazací schopnost. Důvodem nízkého obsahu síry v palivech je také snaha o snížení emisí, a aby se odstranily korozivní účinky paliv, které síru obsahují. Může nastat studená a teplá koroze. Studenou způsobují aktivní sloučeniny síry a teplou sírné produkty spalování, které vytváří korozivní kyseliny, když jsou sloučeny s vodou. [39]

### **Obsah vody**

Kvůli vodě v palivu může vzniknout koroze palivové soustavy a může dojít k jejímu následnému ucpání. V případě, že se voda dostane do palivového systému, mohou být poškozeny jeho pohyblivé části a motor může vysadit.

V motorové naftě se může vyskytnout voda volná a vázaná. Voda volná se nerozpustí a je dobře vidět. V případě vody vázané se jedná o vodu, která je rozpuštěná a vypadá jako mírný zákal. Za nízké teploty je voda méně rozpustná. [39;53]

## **2.7 Čerpací stanice**

V České republice jsou skoro 4 tisíce veřejných čerpacích stanic. Nejvyšší podíl na tomto čísle mají společnosti Benzina, MOL, EuroOil, Shell a OMV. Podle statistiky, kterou uvedla National Oil Industry Association, bylo zaznamenáno přibližně 134 tisíc čerpacích stanic v celé Evropě a v rámci Evropské unie se jedná o necelých 116 tisíc. Nejvíce z toho počtu se nachází v Itálii a nejméně na Maltě. V následujících kapitolách jsou popsány

čerpací stanice, které byly využity při odebírání vzorků. V *příloze 4* je uveden celkový počet čerpacích stanic, které jsou evidované k 25. 9. 2019 u Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky. [9;42]

#### 2.7.1 *MAKRO Cash & Carry ČR s.r.o.*

Jedná se o velkoobchodní řetězec, který je dceřinou společností SHV Makro. Kromě prodeje zboží a služeb zprostředkovávají i distribuci pohonných hmot.

Palivo odebírají jen od renomovaných výrobců, čímž zaručují, že je jeho kvalita vysoká. Kvalitu ověřují pomocí certifikátu kvality VÚRUP a kontrola je pravidelně prováděna na všech pobočkách společností VÚRUP, a. s.

Pohonné hmoty prodávají i bez zákaznické karty za velkoobchodní ceny. Poskytují Naftu Diesel, Drive Diesel, Natural 95 a Drive 95. [21;22]

#### 2.7.2 *AUTOMONT CSW, spol. s.r.o.*

Tato společnost byla založena už v roce 1991 se sídlem a jedinou pobočkou v Ostravě. Kromě prodeje pohonných hmot se zabývá i hostinskou činností, prodejem kvasného a konzumního lihu a lihovin, klempířstvím a opravou karoserií a silničních vozidel a silniční motorovou dopravou. Prodávají Natural 95 a Diesel, oleje a maziva, jako jsou motorové a převodové oleje aj. [23;24]

#### 2.7.3 *OMV Česká republika, s.r.o.*

Společnost OMV se zabývá uváděním ropy, plynu a ropných produktů na trh. Průzkum a těžbu ropy provádí v Rumunsku a Rakousku a disponuje třemi rafinériemi. Dceřinou společností je Gas Connect Austria GmbH, která obhospodařuje plynovodní síť Rakouska.

Na českém trhu působí od roku 1991 pod názvem OMV Česká republika, s.r.o. s centrálou v Praze. V jejich distribuci se objeví pohonné hmoty, maziva a služby, jako je mytí vozidel, občerstvení, doplňkové servisní služby aj. [25;26]

#### 2.7.4 *SALLY TRUCK, s.r.o.*

Tato společnost se zabývá převážně servisem nákladních automobilů. Opravují nákladní vozy, návěsy a chladírenské jednotky veškerých značek. Mezi jejich další činnosti patří prodej náhradních dílů, olejů a příslušenství. Poskytují služby čerpací stanici AMIGO,



a také jsou jejím provozovatelem. U této čerpací stanice je mimo pohonných hmot možnost zakoupit biopalivo, AdBlue, olej a mazivo, smluvní palivovou kartu, případně vodu do ostříkovačů. [27;28;29]

#### 2.7.5 *MOL Česká republika, s.r.o.*

Jedná se o mezinárodní ropnou a plynárenskou společnost (Skupina MOL), která sídlí v Maďarsku a její působení sahá do více než 40 zemí. Kromě dvou petrochemických závodů má v provozu i čtyři rafinerie.

Do Skupiny MOL se zařazuje MOL Česká republika, s.r.o. Na území České republiky patří mezi jednu z největších společností, která provozuje síť čerpacích stanic, i když se zde pohybuje relativně krátkou dobu, a to od roku 2015. Oblast velkoobchodu je pro tuto společnost velmi přínosná, jelikož je jedním z vedoucích distributorů a prodejců motorových paliv a maziv. U značky se snaží dosáhnout nejvyššího standardu. Čerpací stanice dostávají nový vzhled a vybavení vnitřního prostoru.

Jejich snahou je nabízet co nejkvalitnější motorové palivo. Pomocí procesů hydrogenačního odsíření se snaží, aby byly všechny komponenty pohonných hmot bez obsahů síry. Vývojem a správnými poměry aditiv zlepšují vlastnosti motorových paliv. Jejich paliva nesou značku EVO. Tato paliva odstraňují usazeniny, tím chrání motor a zajišťují jeho optimální chod. Jsou prodejcem EVO 95, EVO Diesel, produkty EVO Plus, LPG (Liquified Petroleum Gas), závodních paliv aj. [30;31;32]

#### 2.7.6 *BENZINA, s.r.o.*

Původně se jednalo o českou společnost, která distribuovala pohonné hmoty a motorové oleje. Poté, co se rozpadl koncern Sdružení československých rafinerií, začala Benzina fungovat jako samostatná společnost, následně byla privatizována. V dnešní době je součástí skladby Unipetrol, a.s. a je sloučena se společností Unipetrol RPA, s.r.o., a tak pracuje jako odštěpný závod. Jedná se o nejrozsáhlejší síť s čerpacími stanicemi v České republice. K 7. 6. 2019 bylo zaznamenáno 412 čerpacích stanic.

Pravidelně vzdělávají a vycvičují své zaměstnance, provádějí kontroly a prohlídky. Kontroly a prohlídky zajišťují zkušení odborníci ze smluvních servisních organizací, jejichž cílem je eliminace potenciálních slabých míst. Celý systém zastřešuje multioborový dohled specialistů. Drží certifikát integrovaného systému managementu, který opravňuje k prodeji

motorových paliv a služeb, které souvisí s koncepcí společnosti. Společnost je prodejcem Efecta 95, Efecta Diesel, Verva 100, Verva Diesel a CNG (Compressed Natural Gas).

Tato společnost se snaží co nejméně negativně ovlivňovat životní prostředí. Jelikož využití fosilních paliv negativně ovlivňuje ovzduší, pracují na inovaci a snaží se nabízet paliva s aditivou a prémiová paliva. Snaží se o nápravu ekologických zátěží, které vznikly v minulosti. [33]

### 3 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je zanalyzování kvalitativních parametrů pohonných hmot v rámci České republiky. Součástí je také zohlednění cenové nabídky distributorů pohonných hmot ve vybraných regionech.

#### **Hypotézy:**

- 1) Zimní motorová nafta bude v období zavádění ovlivněna příměsí nafty přechodové.
- 2) Obsahy mechanických nečistot automobilového benzínu budou odpovídat předepsané normě.
- 3) Cena odebraných paliv nemá vliv na jejich kvalitu.

## 4 Metodika diplomové práce

Metodikou této diplomové práce je zabývání se základní literaturou, normami, internetovými odkazy a dalšími prameny. Dále provedení literární rešerše v oblasti motorových paliv a vlastní analýza odebraných vzorků. Uvést nové případné teoretické předpoklady a názory a experimentálně ověřit kvalitativní parametry a cenový vývoj paliv v oblasti průzkumu.

### 4.1 Destilace

Tuto zkoušku provádíme podle normy ČSN EN ISO 3405. Destilaci měříme v manuálním přístroji (*obr. 4.1*) s trubicí chladiče, skrz kterou teče kondenzát do odměrného válce, ve kterém se zaznamenává objem kondenzátu. Pokud se jedná o motorovou naftu, sledujeme výskyt parafinů nebo pevných úsad v rameni chladiče a bočním ramenu destilační baňky.



*Obr. 4.1* Destilační zařízení. Zdroj: vlastní

Opakovaně po dvou minutách zapisujeme mililitry, které se predestilovaly za určité teploty, a tu odečítáme z teploměru. [56]

### 4.2 Hustota pohonných hmot

Touto zkouškou se zabývá norma ČSN EN IS 3675. Vytemperovaný vzorek pohonné hmoty přeneseme do zahřátého válce hustoměru (*obr. 4.2*), který jsme zahřáli na tutéž teplotu. Správný hustoměr potopíme do vzorku. Jakmile se hladina ustálí, odečítáme hodnotu z hustoměru a zaznamenáme teplotu vzorku. Aby byl výsledek více přesný, měření zopakujeme. [57]



*Obr. 4.2* Ponorný hustoměr [50]

### 4.3 Obsah vody

Tuto zkoušku předepisuje norma ČSN EN ISO 12937. Karl Fisher objevil metodu, kterou se toto měření provádí, jejíž název je coulometrická titrační metoda. Jako první se

realizuje vizuální šetření. Následně vzorek paliva zvážíme a zkontrolujeme tvorbu jódu, k čemuž využijeme coulometrický přístroj. Pokud je obsah jódu vyšší, detektor toto rozpozná. Podle Faradayova zákona víme, že jeden mol vody reaguje s jedním molem jódu. Mezi integrovaným proudem a objemem vody vzniká přímá úměra. [58]

#### 4.4 Mechanické nečistoty

Mechanické nečistoty v pohonných hmotách se zjišťují podle normy ČSN EN 12662. V první fázi se zváží filtr, jehož průměrná poréznost dosahuje hodnoty 0,7 µm. Přes tento filtr prochází vzorek paliva. Před měřením známe hmotnost tohoto filtru a poté, co uschne (pro projití vzorku), ho zvážíme. Celková hmotnost nečistot je dána rozdílem původní hmotnosti filtru a následné hmotnosti, do které jsou započítány i zachycené nečistoty. Obsah nečistot udáváme v jednotkách  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . [59]

#### 4.5 Tlak par

Tuto zkoušku předepisuje norma ČSN EN 13016-1. K měření se využívá přístroj dle Reida (obr. 4.3), ke kterému je připevněn manometr, pomocí něhož zjišťujeme tlak par. Přístroj dle Reida, který je naplněn příslušným vzorkem, se umístí do vodní lázně a následně se vytemperuje na teplotu 37,8 °C. [65]



Obr. 4.3 Reid. Zdroj: vlastní

#### 4.6 Index těkavosti

Pro jeho výpočet se využívá naměřený tlak par benzínu (VP) v kPa a množství benzínu (v % obj.), které se odpařilo při 70 °C (E70) v rámci destilační zkoušky. Přesný výpočet uvádí rovnice 4.1. [3]

$$\text{Index těkavosti} = 10 \cdot \text{VP} + 7 \cdot \text{E70} \quad (4.1)$$

#### 4.7 Kinematická viskozita

Tuto zkoušku předepisuje norma ČSN EN ISO 3104. K měření dochází při 40 °C. Tato zkouška zjišťuje dobu průtoku určitého objemu paliva. Měřicí přístroj se nazývá Ubbelohdeho viskozimetr (*obr. 4.4*) a samotné měření se provádí na jeho kapiláře. Kinematickou viskozitu spočítáme jako součin kalibrační konstanty viskozimetru a průměrné doby průtoku. [60]



*Obr. 4.4* Ubbelohdeho viskozimetr [51]

#### 4.8 Bod vzplanutí

Norma ČSN EN ISO 2719 předepisuje způsob měření bodu vzplanutí. Toto měření se uskutečňuje v uzavřeném kelímku Penskyho-Martense (*obr. 4.5*). Při této zkoušce měříme nejnižší teplotu, při které vzplanou páry zahřívaného zkušební vzorku. Plamen se při vzplanutí rozšíří přes povrch vzorku. [61]



*Obr. 4.5* Pensky-Martens [52]

#### 4.9 Bod zákalu TVP

Stanovení toho bodu předepisuje norma ČSN EN 23015. Při měření vzorek ochlazujeme a při určité teplotě se objeví zákal na dně nádoby, ve které se nachází vzorek. Od tohoto okamžiku jsou vylučovány parafíny, které způsobují ztrátu filtrovatelnosti. [62] Na *obr. 4.6* je zobrazeno stanovení bodu zákalu.



*Obr. 4.6* Stanovení bodu zákalu.  
Zdroj: vlastní

#### 4.10 Ztráta filtrovatelnosti CFPP

CFPP předepisuje norma ČSN EN 116. Podle daných podmínek ochlazujeme jistý objem vzorku nafty. Ten při dosažení určité teploty není schopen projít přes filtrační vybavení (obr. 4.7). CFPP představuje hodnotu této teploty. Vzorek se nasává pomocí pipety přes drátěnou mřížku, jakmile nemůže protéct zpět, zaznamenáme hodnotu teploty. Důvodem proč není vzorek schopen protéci, jsou krystaly parafínů, které vznikají při nízkých teplotách. [63]



Obr. 4.7 Filtrační zařízení. Zdroj: vlastní

#### 4.11 Cetanový index

Tento parametr se stanovuje podle normy ČSN EN ISO 4264. Využívá se jako nahrazení cetanového čísla, jelikož je jeho stanovení levnější a méně náročné. Jeho výpočet závisí na naměřené hustotě motorové nafty, která se měří při 15 °C a destilačních bodech T10, T50, T90. Jedná se o body, ve kterých zaznamenáváme teploty, při kterých bylo předestilováno 10 %, 50 % a 90 % obj. vzorku. [64]

Následně jsou uvedeny rovnice 4.2 a 4.3, které potřebujeme pro jeho výpočet.

$$CI = 45,2 + 0,0892 \cdot (T_{10} + 215) + (0,131 + 0,901B) \cdot (T_{50} - 260) + (0,0523 - 0,42B) \cdot (T_{90} - 310) + 0,00049 \cdot [(T_{10} - 215)^2 - (T_{90} - 310)^2] + 107B + 60B^2 \quad (4.2)$$

$$D_N = D - 850 \quad (4.3)$$

Kde:  $B = [\exp(-0,0035D_N)] - 1$

$D = \text{hustota při } 15 \text{ }^\circ\text{C} [\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$

## 5 Výsledky experimentů

K experimentální části této diplomové práce byly použity odebrané vzorky pohonných hmot z čerpacích stanic, které se vyskytují v oblasti České republiky. Seznamy jednotlivých vzorků jsou uvedeny v *tab. 5.1, 5.14, 5.27 a 5.40*. Jedná se o vzorky zimního a letního automobilového benzínu a zimní a letní motorové nafty. Zimní vzorky byly odebrány mezi 10. 1. a 23. 2. 2019. Letní vzorky byly odebrány mezi 17. 4. a 16. 9. 2019. Vyhodnocení jednotlivých vzorků je uvedeno v *tab. 5.2–13, 5.15–26, 5.28–39 a 5.41–52*. U každého vzorku je uvedena destilační křivka (*obr. 5.1–24*). V tabulkách s automobilovým benzinem jsou naměřené hodnoty hustoty, tlaku par, těkavostního indexu, mechanických nečistot a vody. U motorové nafty jsou naměřené hodnoty hustoty, viskozity, TVP, CFPP, bodu vzplanutí, cetanového indexu, mechanických nečistot a vody. Naměřené hodnoty, které neodpovídají normám, jsou vyznačeny červenou barvou.

*Tab. 5.1* Automobilový benzin – zimní typ

Číslo	Typ	Datum	Místo	Čerpací stanice	Cena [Kč]
1ax	Zimní benzin	23. 2. 2019	Ústí nad Labem	Makro - Cash and Carry	28,90
2ax	Zimní benzin	5. 2. 2019	Ostrava	Automont CSW	29,50
3ax	Zimní benzin	10. 1. 2019	Mladá Boleslav	OMV	31,90
4ax	Zimní benzin	3. 2. 2019	Praha	Sally truck	28,60
5ax	Zimní benzin	4. 2. 2019	Brno	Mol	31,90
6ax	Zimní benzin	17. 1. 2019	Klatovy	Benzina	31,90



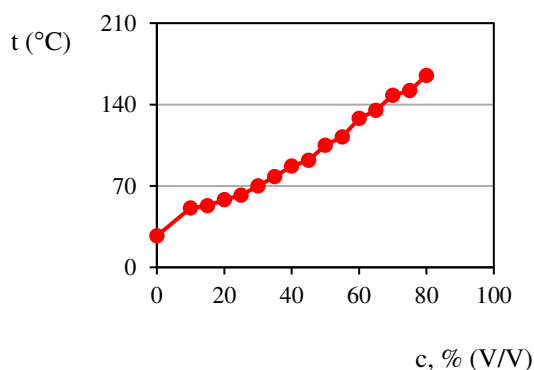
Tab. 5.2 Naměřené hodnoty vzorku 1ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	745,69
Tlak par	kPa	65
Těkavostní index	-	860
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.3 Průběh destilace vzorku 1ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	30
E100	% (V/V)	48
E150	% (V/V)	74
FBD	$^{\circ}\text{C}$	165

Obr. 5.1 Destilační křivka vzorku 1ax



Barva tmavě žlutá, bez viditelných nečistot a viditelného obsahu vody.

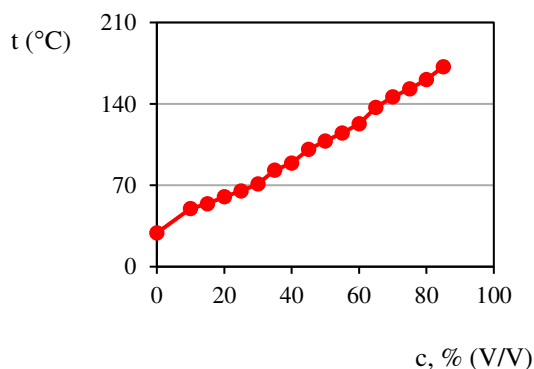
Tab. 5.4 Naměřené hodnoty vzorku 2ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	758,58
Tlak par	kPa	55
Těkavostní index	-	753
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	5
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.5 Průběh destilace vzorku 2ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	29
E100	% (V/V)	44
E150	% (V/V)	73
FBD	$^{\circ}\text{C}$	172

Obr. 5.2 Destilační křivka vzorku 2ax



Barva světle žlutá, s prachovými částicemi nečistot, bez viditelného obsahu vody.

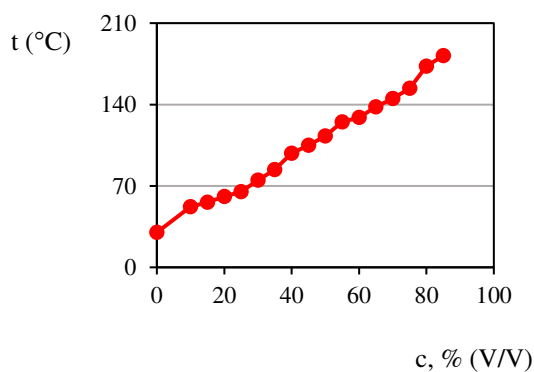
Tab. 5.6 Naměřené hodnoty vzorku 3ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	758,58
Tlak par	kPa	61
Těkavostní index	-	638
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.7 Průběh destilace vzorku 3ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	28
E100	% (V/V)	42
E150	% (V/V)	73
FBD	$^{\circ}\text{C}$	182

Obr. 5.3 Destilační křivka vzorku 3ax



Barva zelenožlutá, bez viditelného obsahu nečistot a viditelného obsahu vody.

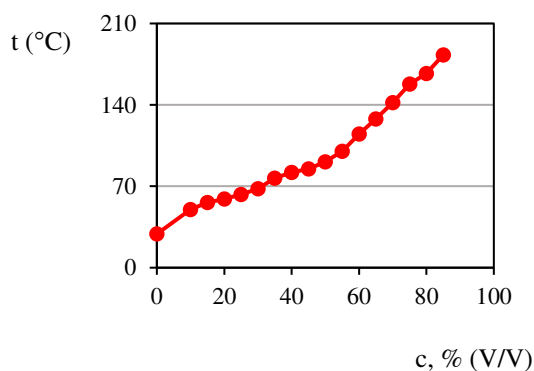
Tab. 5.8 Naměřené hodnoty vzorku 4ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	756,60
Tlak par	kPa	72
Těkavostní index	-	944
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	3
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.9 Průběh destilace vzorku 4ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	32
E100	% (V/V)	55
E150	% (V/V)	73
FBD	$^{\circ}\text{C}$	183

Obr. 5.4 Destilační křivka vzorku 4ax



Barva světle žlutá, s mírným obsahem sedimentu, bez viditelného obsahu vody.

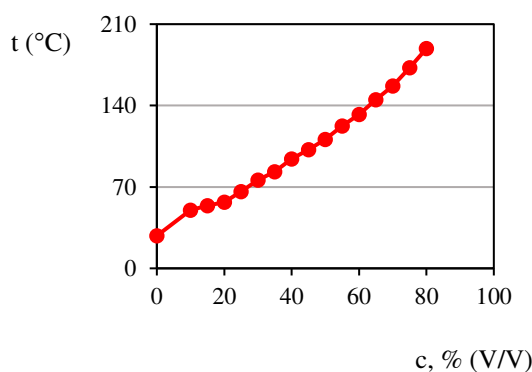
Tab. 5.10 Naměřené hodnoty vzorku 5ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	749,65
Tlak par	kPa	54
Těkavostní index	-	736
Mechanické nečistoty	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	8
Obsah vody	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.11 Průběh destilace vzorku 5ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	28
E100	% (V/V)	44
E150	% (V/V)	67
FBD	$^{\circ}\text{C}$	189

Obr. 5.5 Destilační křivka vzorku 5ax



Barva žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, bez viditelného obsahu vody.

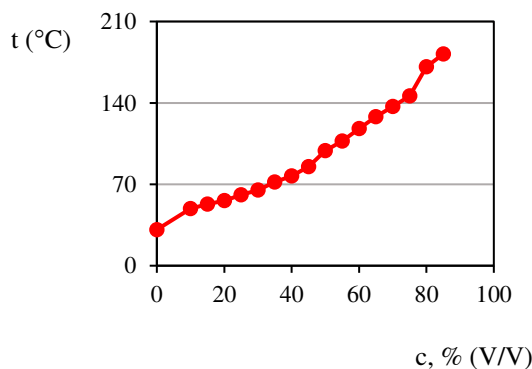
Tab. 5.13 Průběh destilace vzorku 6ax

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	750,64
Tlak par	kPa	81
Těkavostní index	-	1048
Mechanické nečistoty	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0
Obsah vody	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.12 Naměřené hodnoty vzorku 6ax

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	34
E100	% (V/V)	55
E150	% (V/V)	77
FBD	$^{\circ}\text{C}$	182

Obr. 5.6 Destilační křivka vzorku 6ax



Barva světle žlutá, bez viditelného obsahu nečistot a obsahu vody.

Tab. 5.14 Automobilový benzin – letní typ

Číslo	Typ	Datum	Místo	Čerpací stanice	Cena [Kč]
1bx	Letní benzin	16. 9. 2019	Ústí nad Labem	Makro - Cash and Carry	30,90
2bx	Letní benzin	17. 4. 2019	Ostrava	Automont CSW	31,90
3bx	Letní benzin	26. 7. 2019	Mladá Boleslav	OMV	32,90
4bx	Letní benzin	19. 6. 2019	Praha	Sally truck	30,90
5bx	Letní benzin	14. 6. 2019	Brno	Mol	33,90
6bx	Letní benzin	3. 8. 2019	Klatovy	Benzina	33,50

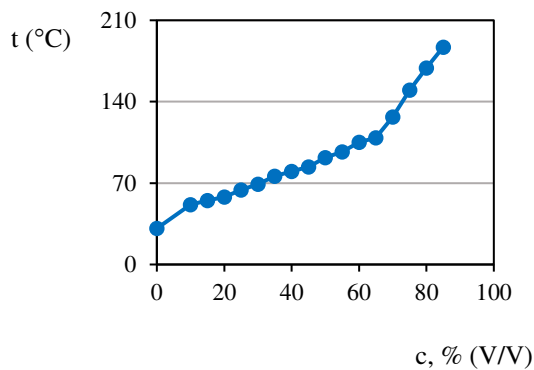
Tab. 5.15 Naměřené hodnoty vzorku 1bx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	748,65
Tlak par	kPa	55
Těkavostní index	-	767
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	0
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	0

Tab. 5.16 Průběh destilace vzorku 1bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	31
E100	% (V/V)	57
E150	% (V/V)	75
FBD	°C	187

Obr. 5.7 Destilační křivka vzorku 1bx



Barva světle žlutá, bez viditelných nečistot a viditelného obsahu vody.

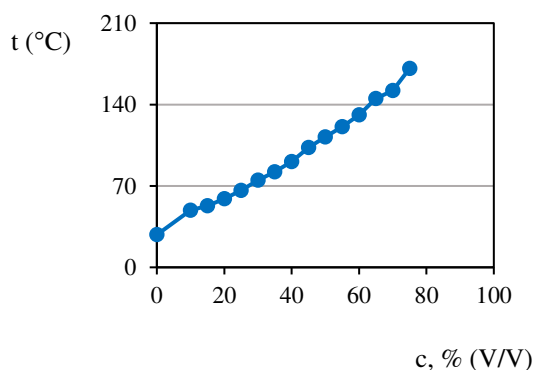
Tab. 5.17 Naměřené hodnoty vzorku 2bx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	755,60
Tlak par	kPa	41
Těkavostní index	-	606
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	13
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	12

Tab. 5.18 Průběh destilace vzorku 2bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	28
E100	% (V/V)	44
E150	% (V/V)	69
FBD	$^{\circ}\text{C}$	171

Obr. 5.8 Destilační křivka vzorku 2bx



Barva světle žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, s mírným obsahem vody.

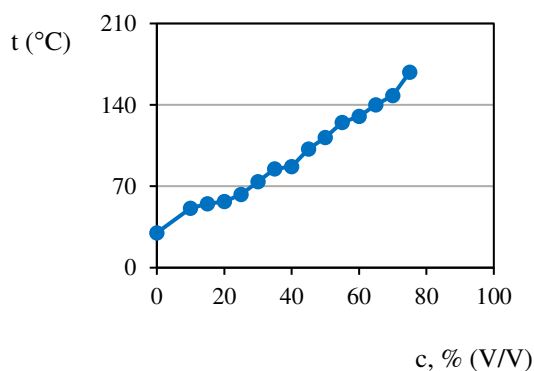
Tab. 5.19 Naměřené hodnoty vzorku 3bx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	755,60
Tlak par	kPa	38
Těkavostní index	-	576
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	9
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.20 Průběh destilace vzorku 3bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	28
E100	% (V/V)	44
E150	% (V/V)	72
FBD	$^{\circ}\text{C}$	168

Obr. 5.9 Destilační křivka vzorku 3bx



Barva světle žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, bez viditelného obsahu vody.

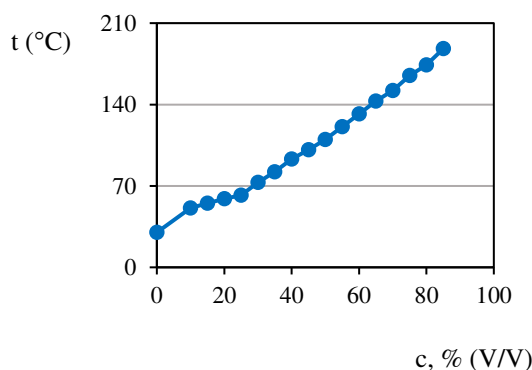
Tab. 5.21 Naměřené hodnoty vzorku 4bx.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	757,59
Tlak par	kPa	46
Těkavostní index	-	656
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	4
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.22 Průběh destilace vzorku 4bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	28
E100	% (V/V)	45
E150	% (V/V)	69
FBD	$^{\circ}\text{C}$	188

Obr. 5.10 Destilační křivka vzorku 4bx



Barva světle žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, bez viditelného obsahu vody.

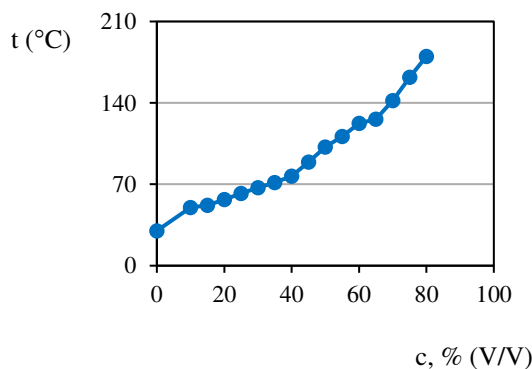
Tab. 5.23 Naměřené hodnoty vzorku 5bx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	756,6
Tlak par	kPa	62
Těkavostní index	-	1478
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	14
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.24 Průběh destilace vzorku 5bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	34
E100	% (V/V)	50
E150	% (V/V)	73
FBD	$^{\circ}\text{C}$	180

Obr. 5.11 Destilační křivka vzorku 5bx



Barva světle žlutá, s obsahem sedimentu, bez viditelného obsahu vody.

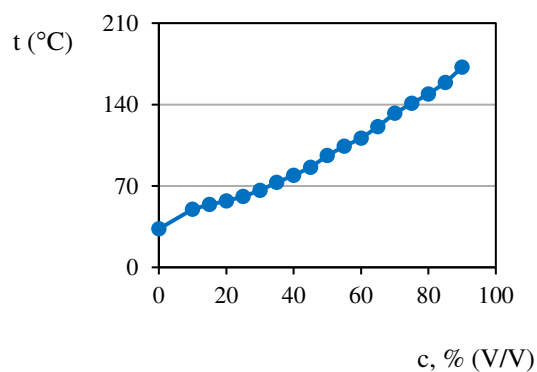
Tab. 5.25 Naměřené hodnoty vzorku 6bx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	757,59
Tlak par	kPa	58
Těkavostní index	-	811
Mechanické nečistoty	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0
Obsah vody	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0

Tab. 5.26 Průběh destilace vzorku 6bx

Destilace	Jednotka	Hodnota
E70	% (V/V)	33
E100	% (V/V)	48
E150	% (V/V)	81
FBD	$^{\circ}\text{C}$	172

Obr. 5.12 Destilační křivka vzorku 6bx



Barva oranžovožlutá, bez viditelného obsahu nečistot a bez viditelného obsahu vody.

Tab. 5.27 Motorová nafta – zimní typ

Číslo	Typ	Datum	Místo	Čerpací stanice	Cena [Kč]
1a	Zimní motor. nafta	23. 2. 2019	Ústí nad Labem	Makro - Cash and Carry	29,90
2a	Zimní motor. nafta	5. 2. 2019	Ostrava	Automont CSW	29,90
3a	Zimní motor. nafta	10. 1. 2019	Mladá Boleslav	OMV	32,90
4a	Zimní motor. nafta	3. 2. 2019	Praha	Sally truck	29,60
5a	Zimní motor. nafta	4. 2. 2019	Brno	Mol	31,90
6a	Zimní motor. nafta	17. 1. 2019	Klatovy	Benzina	31,80

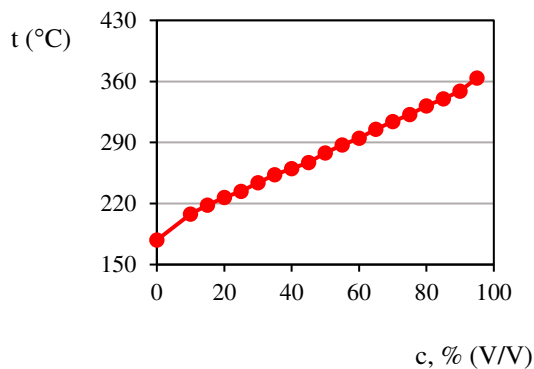
Tab. 5.28 Naměřené hodnoty vzorku 1a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	835,98
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,8
TVP	°C	-2
CFPP	°C	-22
Bod vzplanutí	°C	61,5
Cetanový index	-	53,78
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	28
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.29 Průběh destilace vzorku 1a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	178
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	33
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	91
95 % (V/V)	°C	364
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	208
T50	°C	278
T90	°C	349

Obr. 5.13 Destilační křivka vzorku 1a



Barva žlutá, s obsahem jemných prachových částic nečistot s mírným obsahem vody.



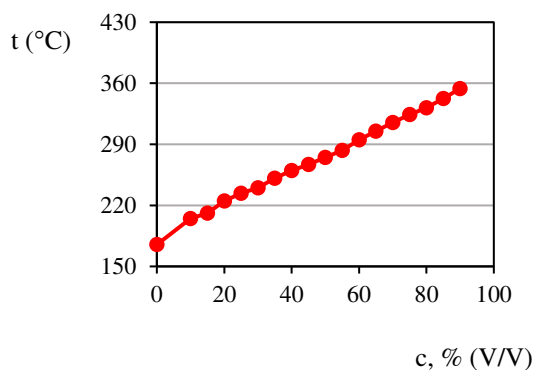
Tab. 5.30 Naměřené hodnoty vzorku 2a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	837,96
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,7
TVP	°C	-1
CFPP	°C	-21
Bod vzplanutí	°C	59
Cetanový index	-	52,18
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	<b>86</b>
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<b>214</b>

Tab. 5.31 Průběh destilace vzorku 2a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	175
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	34
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	87
95 % (V/V)	°C	<b>X</b>
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	90
T10	°C	205
T50	°C	275
T90	°C	354

Obr. 5.14 Destilační křivka vzorku 2a



Barva zakalená, světle žlutá s velkým obsahem kalu a vody.

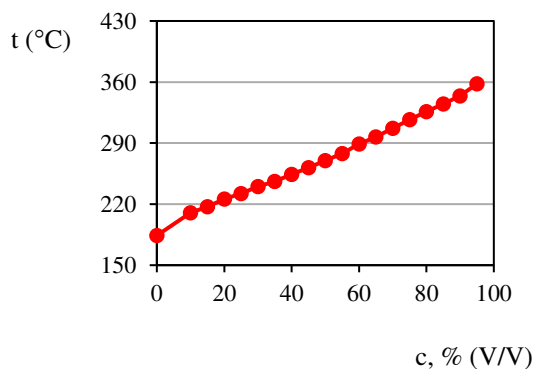
Tab. 5.32 Naměřené hodnoty vzorku 3a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	837,96
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,7
TVP	°C	-1
CFPP	°C	-20
Bod vzplanutí	°C	56,5
Cetanový index	-	51,78
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	7
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<b>207</b>

Tab. 5.33 Průběh destilace vzorku 3a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	184
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	38
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	93
95 % (V/V)	°C	358
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	210
T50	°C	270
T90	°C	344

Obr. 5.15 Destilační křivka vzorku 3a



Barva tmavě žlutá, bez viditelných nečistot s obsahem vody.

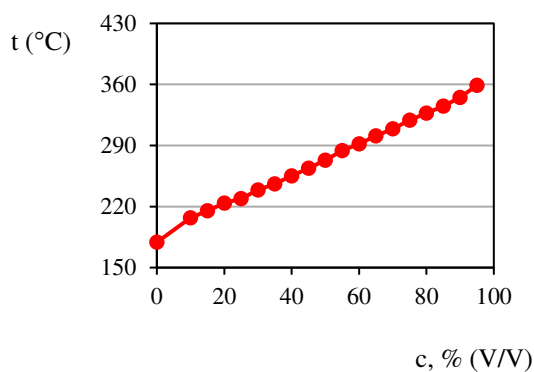
Tab. 5.34 Naměřené hodnoty vzorku 4a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	836,97
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,7
TVP	°C	-2
CFPP	°C	-20
Bod vzplanutí	°C	63,7
Cetanový index	-	52,43
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	14
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.35 Průběh destilace vzorku 4a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	179
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	37
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	92
95 % (V/V)	°C	359
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	207
T50	°C	273
T90	°C	345

Obr. 5.16 Destilační křivka vzorku 4a



Barva tmavě žlutá, bez viditelných nečistot a obsahu vody.

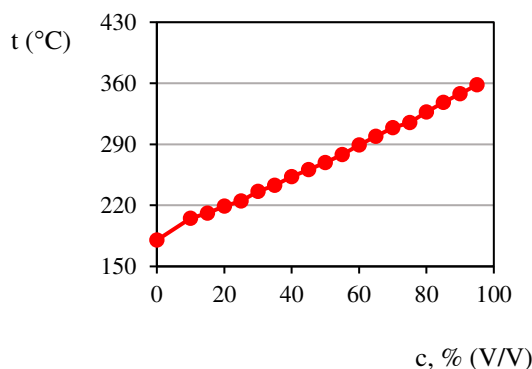
Tab. 5.36 Naměřené hodnoty vzorku 5a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	837,96
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,6
TVP	°C	1
CFPP	°C	-18
Bod vzplanutí	°C	58,5
Cetanový index	-	51,19
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	9
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.37 Průběh destilace vzorku 5a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	180
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	39
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	91
95 % (V/V)	°C	358
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	205
T50	°C	269
T90	°C	348

Obr. 5.17 Destilační křivka vzorku 5a



Barva žlutá, bez viditelných nečistot a obsahu vody.

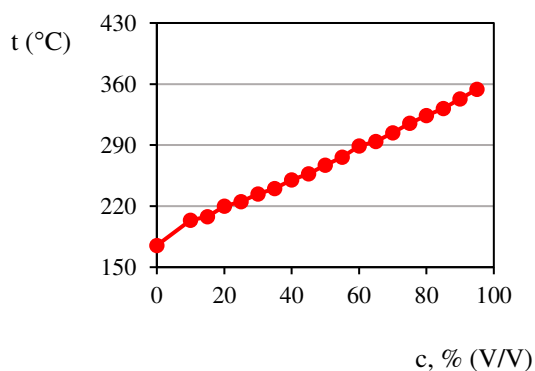
Tab. 5.38 Naměřené hodnoty vzorku 6a

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	835,98
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,5
TVP	°C	0
CFPP	°C	-21
Bod vzplanutí	°C	62
Cetanový index	-	51,54
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	23
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.39 Průběh destilace vzorku 6a

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	175
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	40
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	92
95 % (V/V)	°C	354
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	204
T50	°C	267
T90	°C	343

Obr. 5.18 Destilační křivka vzorku 6a



Barva žlutá, s malým obsahem sedimentu a mírným obsahem vody.

Tab. 5.40 Motorová nafta – letní typ

Číslo	Typ	Datum	Místo	Čerpací stanice	Cena [Kč]
1b	Letní motor. nafta	16. 9. 2019	Ústí nad Labem	Makro - Cash and Carry	29,90
2b	Letní motor. nafta	17. 4. 2019	Ostrava	Automont CSW	30,60
3b	Letní motor. nafta	26. 7. 2019	Mladá Boleslav	OMV	32,50
4b	Letní motor. nafta	19. 6. 2019	Praha	Sally truck	29,60
5b	Letní motor. nafta	14. 6. 2019	Brno	Mol	33,50
6b	Letní motor. nafta	3. 8. 2019	Klatovy	Benzina	32,50

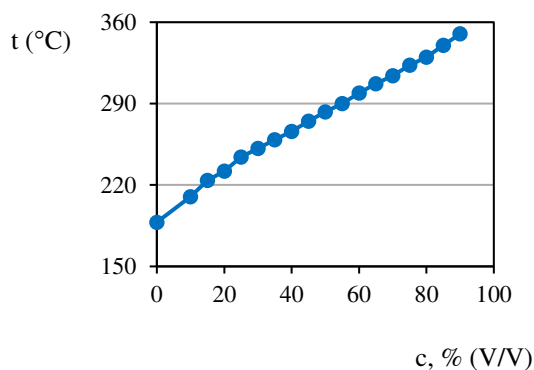
Tab. 5.41 Naměřené hodnoty vzorku 1b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	838,72
Viskozita	$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$	2,7
TVP	$^{\circ}\text{C}$	4
CFPP	$^{\circ}\text{C}$	-15
Bod vzplanutí	$^{\circ}\text{C}$	52
Cetanový index	-	53,65
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	31
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	<200

Tab. 5.42 Průběh destilace vzorku 1b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	$^{\circ}\text{C}$	188
Předestilovaný obj. při 250 $^{\circ}\text{C}$	% (V/V)	29
Předestilovaný obj. při 350 $^{\circ}\text{C}$	% (V/V)	90
95 % (V/V)	$^{\circ}\text{C}$	X
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	90
T10	$^{\circ}\text{C}$	210
T50	$^{\circ}\text{C}$	283
T90	$^{\circ}\text{C}$	350

Obr. 5.19 Destilační křivka vzorku 1b



Barva žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, bez viditelného obsahu vody.

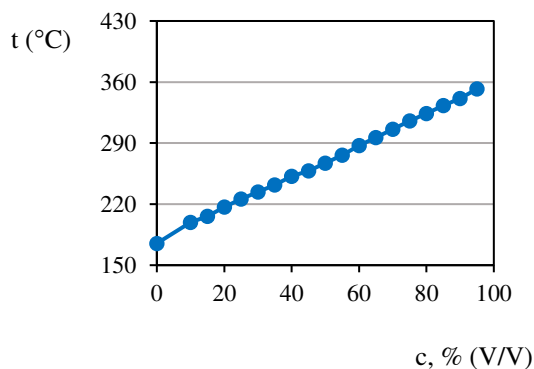
Tab. 5.43 Naměřené hodnoty vzorku 2b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	836,97
Viskozita	$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$	2,7
TVP	$^{\circ}\text{C}$	3
CFPP	$^{\circ}\text{C}$	-21
Bod vzplanutí	$^{\circ}\text{C}$	54
Cetanový index	-	52,95
Mechanické nečistoty	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	79
Obsah vody	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	231

Tab. 5.44 Průběh destilace vzorku 2b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	$^{\circ}\text{C}$	182
Předestilovaný obj. při 250 $^{\circ}\text{C}$	% (V/V)	36
Předestilovaný obj. při 350 $^{\circ}\text{C}$	% (V/V)	X
95 % (V/V)	$^{\circ}\text{C}$	X
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	90
T10	$^{\circ}\text{C}$	209
T50	$^{\circ}\text{C}$	275
T90	$^{\circ}\text{C}$	345

Obr. 5.20 Destilační křivka vzorku 2b



Barva světle žlutá, zakalená, s vysokým obsahem kalu a vody.

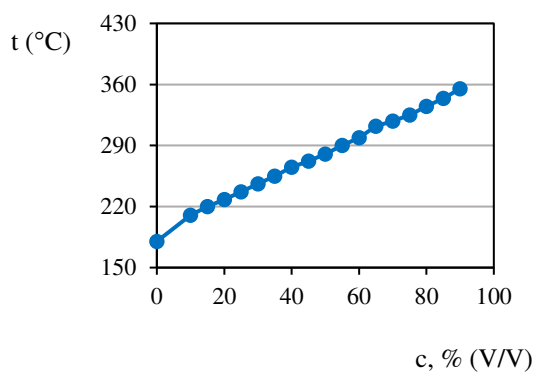
Tab. 5.45 Naměřené hodnoty vzorku 3b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	838,95
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,6
TVP	°C	-1
CFPP	°C	-20
Bod vzplanutí	°C	62,5
Cetanový index	-	53,03
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	7
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	216

Tab. 5.46 Průběh destilace vzorku 3b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	180
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	32
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	87
95 % (V/V)	°C	X
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	90
T10	°C	210
T50	°C	280
T90	°C	355

Obr. 5.21 Destilační křivka vzorku 3b



Barva křiklavě žlutá, bez viditelných nečistot s obsahem vody.

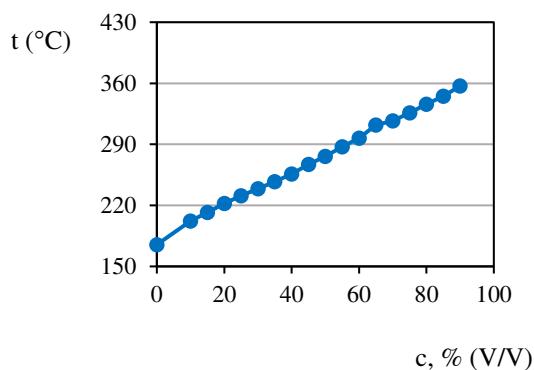
Tab. 5.47 Naměřené hodnoty vzorku 4b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	831,03
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,7
TVP	°C	0
CFPP	°C	-16
Bod vzplanutí	°C	60,5
Cetanový index	-	54,86
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	<b>26</b>
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.48 Průběh destilace vzorku 4b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	175
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	37
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	86
95 % (V/V)	°C	<b>X</b>
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	90
T10	°C	202
T50	°C	276
T90	°C	357

Obr. 5.22 Destilační křivka vzorku 4b



Barva světle žlutá, s obsahem prachových částic nečistot, s mírným obsahem vody.

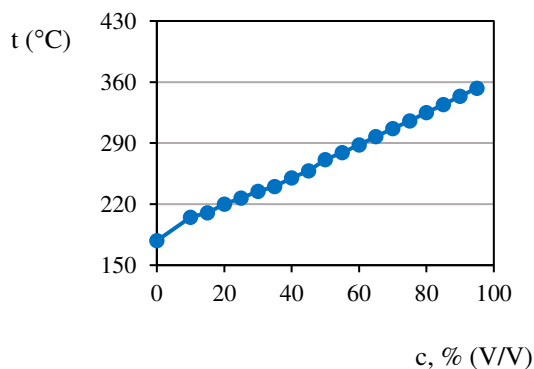
Tab. 5.49 Naměřené hodnoty vzorku 5b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	833,01
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,7
TVP	°C	1
CFPP	°C	-14
Bod vzplanutí	°C	62
Cetanový index	-	53,53
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	<b>32</b>
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.50 Průběh destilace vzorku 5b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	178
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	40
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	91
95 % (V/V)	°C	353
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	205
T50	°C	271
T90	°C	343,5

Obr. 5.23 Destilační křivka vzorku 5b



Barva oranžovožlutá, s mírným obsahem sedimentu, s nízkým obsahem vody.

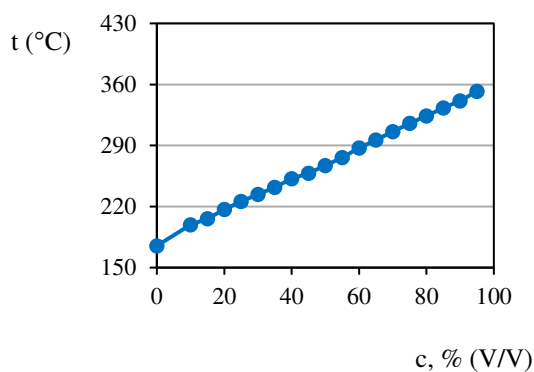
Tab. 5.51 Naměřené hodnoty vzorku 6b

Parametr	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg·m <sup>-3</sup>	837,96
Viskozita	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	2,6
TVP	°C	1
CFPP	°C	-10
Bod vzplanutí	°C	57
Cetanový index	-	50,39
Mechanické nečistoty	mg·kg <sup>-1</sup>	16
Obsah vody	mg·kg <sup>-1</sup>	<200

Tab. 5.52 Průběh destilace vzorku 6b

Destilace	Jednotka	Hodnota
Začátek destilace	°C	175
Předestilovaný obj. při 250 °C	% (V/V)	38
Předestilovaný obj. při 350 °C	% (V/V)	93
95 % (V/V)	°C	352
Celkový předestilovaný obj.	% (V/V)	95
T10	°C	199
T50	°C	267
T90	°C	341

Obr. 5.24 Destilační křivka vzorku 6b



Barva žlutá, s prachovými částicemi nečistot bez obsahu vody.



## 6 Diskuze

V souvislosti s experimentálním průzkumem bylo zjištěno, že i když se rafinerie a distributoři snaží o kvalitní pohonné hmoty s dodržением všech předepsaných hodnot parametrů, nedaří se jim to. Nekvalitní palivo způsobuje jeho vyšší spotřebu a kvůli tomu kratší dojezd automobilu, nesprávné pracování motoru, dále může dojít k poškození katalyzátoru anebo celého motoru.

U vzorků 2ax, 5ax, 2bx a 3bx byl zaznamenán nižší tlak par, než odpovídá normě ČSN EN 13016-1. K tomuto stavu dochází převážně záměrně. Prodejce se obohatí tím, že do paliva přidá více levnějšího lihu než drahého benzínu. Dále je možné, že v tanku zůstane letní benzin, který má nižší hodnotu pro tlak par. Toto může zapříčinit nedostatečná obrátka zboží, nebo jeho pomalá obměna. Vzorek 5bx naopak vykazoval vyšší tlak par, než povoluje tato norma. Způsobují ho přidané kontaminanty a jedním z nich může být například vysoký obsah ethanolu. Kvůli němu dochází k vyšším ztrátám při jeho uskladňování a úniku emisí do ovzduší. V případě, že je obsah ethanolu příliš vysoký, může dojít ke tvorbě parních polštářů paliva, k čemuž dochází v parním potrubí. Vření paliva nastává v čerpadle, palivových cestách nebo injektorech a vytváří se zde parní bubliny. Kvůli parním bublinám se v karburátoru nedokáže správně odměřit palivo, což zamezuje nastartování motoru, nebo vzniku jeho špatného chodu, jelikož je směs moc chudá a motor je neúměrně zatížen. Vyšší tlak par může způsobit zvýšení obsahu uhlovodíků, které se odpařují do ovzduší, čímž se zvýší emise.

U vzorků 1–5ax a 2–4bx byl zjištěn jiný průběh destilace, než předepisuje norma ČSN EN ISO 3405. K tomu dochází při přimísení motorové nafty do benzínu. Často se tak stává, jestliže zůstane zbytek nafty v tanku anebo v cisterně. Pokud je odchylka vyšší, mohou se zapéct pístní kroužky, poškodit motor, katalyzátor a startování se stane obtížným.

V případě vzorku 5a byla naměřena špatná hodnota CFPP. Pokud se v zimním období cestuje například do ciziny, mohlo by dojít k problémům se startováním. Filtrem prochází jen omezené množství paliva, a tak není možný běžný provoz automobilu. K takové situaci dojde v případě, že se smíchaly různé druhy motorové nafty.

Nižší hodnota bodu vzplanutí byla zjištěna u vzorků 1b a 2b. Důvodem je převážně omyl. Při přepravování pomocí cisteren se může stát, že není řádně vyčištěna a zůstane v ní zbytek benzínu, který se následně smísí s motorovou naftou. V některých případech dojde

k omylnému stočení benzínu do nafty. Pokud se objeví i jen jedno procento benzínu v naftě, dokáže snížit její bod vzplanutí dokonce o 20 °C. V naftě se také ve velkém množství objeví benzinové uhlovodíky, které dokáží zhoršit i jiné parametry jako je viskozita, mazivost anebo cetanové číslo. Pokud jde o malé odchylky, nedochází k téměř žádnému riziku. Vysoká těkavost benzínu tyto odchylky zapříčiňuje i přidáním malým množstvím. Odchylky jsou však malé, a tak nejsou motor ani vstřikování vůbec ohrožené. Pokud se však bod vzplanutí sníží pomocí velkého množství přidaného benzínu, mohlo by se stát, že vznikne požár, což se týká hlavně starších strojů, jako jsou traktory nebo nákladní automobily. V případě vysokotlakých vstřikovacích zařízení u dnešních diesellových motorů je problémem hlavně snížení mazivosti nafty s benzinem, kvůli které může dojít k zadření. K požáru může dojít při vzplanutí benzinových par ve výfuku v oblasti oxidačního katalyzátoru, kvůli čemuž dojde k neřízenému spalování sazí, které zachytí filtr. Ten se může roztavit a následně může dojít k zažehnutí celého auta. Dříve toto nebyl takový problém, ale dnes už mají automobily větší vstřikovací tlaky. Kvůli nízkému bodu vzplanutí dochází ke kavitačnímu poškození palivové soustavy a zvyšuje se tím riziko požáru.

K překročení destilační zkoušky, jako se tomu stalo u vzorků 1–2a a 1–4b dochází při zamísení olejů, které jsou podobné motorové naftě, ale jejich funkcí není pohon vozidel. Také nejsou zatíženy spotřební daní. Tyto látky se při zahřívání odpařují méně než nafta, a tak nemohou splnit požadavek maximální teploty, při které se predestiluje 95 % V/V. Často se k tomuto využívají nízko viskozitní nezdaněné oleje. Kvůli tomuto znečištění nafty může dojít k poškození motoru. Sice existuje teorie, že má těžší nafta lepší mazivostní schopnosti, avšak je chybná. Každý palivový systém podléhá určitému návrhu s parametry a počítají s určitou tloušťkou maziva. V případě, že dojde k odchylkám, je v některých případech až značně zkrácena životnost motoru. Dále dochází k vyšší spotřebě paliva a kouřivosti. Může to být způsobeno také vyšším obsahem methylesteru mastných kyselin. Za tento stav mohou prodejci, kteří nakoupí biopalivo bez daně a prodávají ho za cenu motorové nafty. Kvůli tomuto vyššímu obsahu se rychleji zanáší filtry, tvoří se šlemy a kaly v palivovém systému, dochází k polymerizaci motorového oleje a může dojít k poškození motoru.

V případě vyššího obsahu vody v palivu, jako tomu nastalo u vzorků 2bx, 2a, 3a a 2b, dochází ke korozi a může dojít k zadření částí, které jsou v pohybu a nachází se v cestách, kudy vede palivo. Ty nejsou správně mazány. Pokud je voda nasáta do palivového systému, motor může vysadit. Voda se do paliva vpraví při skladování v nádrži, pokud není

vzduchotěsně uzavřena. Při odčerpávání paliva se do nádrže dostane venkovní vlhkost ze vzduchu, u které dochází vlivem střídání teplot ke kondenzaci.

Velké množství vzorků obsahovalo vyšší množství mechanických nečistot než by odpovídalo normě ČSN EN 12662. Toto vykazují vzorky 2ax, 4ax, 5ax, 2–5bx, 1a, 2a, 1b, 2b, 4b a 5b. Pokud nastane tento stav, motor a pohyblivé části palivové soustavy se rychleji opotřebují. Do paliva vnikne při natankování, pokud netěsní zátka nádrže anebo pokud se palivo skladuje v pozinkovaných sudech, u kterých se zátky hermeticky neuzavírají. V případě, že se jedná o čerstvou naftu, dochází u ní k vytváření pryskyřic a kalů. Tato nafta by se měla při každém přečerpání filtrovat.

Mezi zimními vzorky automobilového benzínu se nachází pouze jediný, který splňuje požadavky všech norem. Jedná se o vzorek 6ax, který byl natankován na čerpací stanici Benzina v Klatovech, jeho cena za litr byla nejvyšší. Mezi letními se nachází dva vzorky, a to 1bx a 6bx. První vzorek pochází z Ústí nad Labem z čerpací stanice Makro, patřil k nejlevnějším vzorkům. Druhý pochází ze stejného místa jako nejlepší zimní vzorek, ten byl stejně jako u zimního benzínu nejdražší. Mezi nejhorší vzorky zimního benzínu patří 2ax a 5ax. Oba vzorky vykazovaly zhoršené hodnoty tlaku par, obsahu nečistot a hodnot destilační zkoušky. Vzorek 2ax pochází z Ostravy z čerpací stanice Automont CSW s průměrnou cenou a druhý z Brna z čerpací stanice MOL s cenou nejvyšší. Jako nejhorší vzorek letního benzínu se jeví 2bx, který pochází ze stejného místa a čerpací stanice jako zimní vzorek. Kromě nevyhovujících hodnot tlaku par, nečistot a hodnot destilace vykazuje zhoršenou hodnotu obsahu vody. Jeho cena byla v daném období průměrná.

Ve vyhodnocování vzorků zimní motorové nafty se jako nejkvalitnější jeví vzorky 3a z Mladé Boleslavi z čerpací stanice OMV a 6a z čerpací stanice Benzina z Klatov, oba vzorky měly cenu nejvyšší. Oba vzorky splňují všechny zadané hodnoty parametrů. Nejméně kvalitní vzorek z tohoto období je vzorek 2a, který byl načerpán na stanici Automont CSW v Ostravě za nejnižší cenu. Tento vzorek nesplňuje podmínky pro obsah nečistot, vody a hodnot destilační zkoušky. Co se týká letní motorové nafty, tak nejlepším vzorkem se stal vzorek 6b opět z čerpací stanice Benzina z Klatov s nejvyšší cenou. U nejhoršího vzorku 2b byla cena průměrná. Pochází z čerpací stanice Automont CSW z Ostravy. Nesplňuje požadavky pro teplotu bodu vzplanutí, obsahu nečistot a vody a průběhu destilační zkoušky.

Vzorky automobilového benzínu z obou období dosahují přibližně stejných kvalitativních výsledků. Co se týká motorové nafty, tak se ze zimního období jeví kvalitněji než z období letního. V případě celkových výsledků se čerpací stanicí s nejkvalitnějšími pohonnými hmotami stává Benzina z Klatov a nejhorší Automont CSW z Ostravy. Jejich ceny za pohonné hmoty jsou odlišné. Ceny Benziny jsou vyšší než ceny Automontu CSW.

## 7 Závěr

V rámci experimentálního průzkumu provedeného v této diplomové práci, že Česká obchodní inspekce neodvádí dostatečnou práci při kontrolování paliv na čerpacích stanicích. Z rafinerií jsou distribuovány převážně kvalitní pohonné hmoty, ale při jejich následném převozu nebo skladování dochází ke kontaminaci. Velmi často bývají znečištěny velkým množstvím mechanických nečistot, jinou látkou, která zůstala v cisterně po předešlém převozu, případně látkou, kterou byly kontaminovány záměrně. Parametry pohonných hmot neodpovídají předepsaným normám, čímž dochází k poškození automobilů nebo jejich součástí, protože motoristé nakupují znehodnocené palivo.

Společnosti SGS Czech Republic, s.r.o. a ČEPRO, a.s. mají na starosti převoz, skladování, prodej pohonných hmot a následné sledování jejich jakosti. Provádějí inspekce, které nejsou uspokojivé a vydávají certifikáty kvality čerpacím stanicím, které i přesto prodávají nevhodné pohonné hmoty. Po zjištění těchto skutečností by Česká obchodní inspekce měla vykonávat častější kontroly, na více místech a s větší důsledností. V případě nedodržení stanovených podmínek by společnosti měly být postihnuty vyššími pokutami.

### Odpovědi na hypotézy

- 1) Jen jeden vzorek zimní motorové nafty byl ovlivněn přechodovou motorovou naftou, a to u parametru CFPP.
- 2) Většina naměřených hodnot obsahu mechanických nečistot automobilového benzínu neodpovídala předepsané normě.
- 3) V případě nejkvalitnějšího/nejméně kvalitního automobilového benzínu a motorové nafty z obou sledovaných období se jeví cena jako klíčová. Pokud zohledníme kvalitu a cenu úplně všech vzorků, nemá cena na jejich kvalitu vliv.

### Přínos diplomové práce

Experimentální měření a interpretace výsledků diplomové práce zastoupily Českou obchodní inspekci. Bylo zjištěno, že paliva na čerpacích stanicích neodpovídají příslušné kvalitě. Moderní automobily potřebují kvalitní palivo, aby mohlo minimalizovat záporné vlivy nehodnotných pohonných hmot.

## Použitá literatura

- [1] Vlk, F., *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. ISBN 80-239-6461-5, 376 s.
- [2] Jirouš, F., *Efektivní spalování paliv*. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 2013. ISBN 978-80-260-5393-4, 133 s.
- [3] Blažek, J., Rábl, V., *Základy zpracování a využití ropy*. Praha 2. vyd.: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. ISBN 80-7080-619-2, 254 s.
- [4] Matějovský, V., *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0350-5, 224 s.
- [5] Kameš, J. *Fosilní paliva*. Praha: doc. Ing. Josef Kameš, DrSc., ČEZ, a. s., 2012. ISBN 978-80-260-3499-5, 227 s.
- [6] Hromádko, J., Hromádko, J., Hönig, V., Miler, P., *Spalovací motory*. Praha 7: Grada Publishing, a. s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0, 296 s.

## Internetové zdroje

- [7] Petránek, J., Ropa. *Geologická encyklopedie*. [online] 2007. [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?ropa>
- [8] Loula, V., Trh s motorovými palivy. *ČAPPO*. [online] 2019. [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/info/trh-s-motorovymi-palivy-budou-v-budoucnu-stale-vice-ovlivnovat-regulatorni-organy>
- [9] Bureš, M., Kdo vlastní naše čerpací stanice?. *FINANCE.CZ* [online] 2019. [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/521151-cerpaci-stance-vlastnici/#B1>
- [10] Majling, E., Těžba ropy a zemního plynu v České republice. *OENERGETICE*. [online] 2016. [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/ropa/tezba-ropy-a-zemniho-plynu-v-ceske-republice-historie-a-soucasnost>
- [11] Jak dlouho vydrží zásoby ropy?. *epet*. [online] 2019. [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/jak-dlouho-vydrzi-zasoby-ropy-podle-pesimistu-jen-nekolik-desitek-let/>
- [12] Paliva. *Komenskeho66* [online]. [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <http://www.komenskeho66.cz/materialy/chemie/WEB-CHEMIE9/paliva.html>
- [13] Paliva. *Auta ve škole* [online]. 2011. [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <http://autaveskole.jaknahmyz.cz/paliva>
- [14] Gasoline. *How Products are Made* [online]. 2009. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-2/Gasoline.html>
- [15] Majewski, W. A., Jääskeläinen H., What is Diesel Fuel. *DieselNet* [online]. 2016. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z: [https://dieselnet.com/tech/fuel\\_diesel.php](https://dieselnet.com/tech/fuel_diesel.php)
- [16] Differences Between Diesel and Petrol. *ACEA* [online]. 2016. [cit. 2020-01-22]. Dostupné z: <https://www.acea.be/news/article/differences-between-diesel-and-petrol>
- [17] Glon, R., The difference between diesel and gasoline. *Digital TRENDS* [online]. 2020. [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/cars/diesel-vs-gasoline-engines/>
- [18] How Is Diesel Fuel Made From Crude Oil?. *kendrickoil* [online]. 2015. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z: <http://www.kendrickoil.com/how-is-diesel-fuel-made-from-crude-oil/>
- [19] Kvalita motorových paliv. *ČAPPO* [online]. 2017. [cit. 2020-01-28]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/info/kvalita-motorovych-paliv>

- [20] Technická specifikace. *ARMEX* [online]. 2018. [cit. 2020-01-16]. Dostupné z: <https://armexoil.cz/wp-content/uploads/2018/04/Technicka-specifikace-B100-CSN-EN-14214-cervenec-2014.pdf>
- [21] O MAKRO Cash & Carry. *makro* [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.makro.cz/co-je-makro/makro-cash-carry>
- [22] Čerpací stanice. *makro* [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.makro.cz/sluzby/cerpaci-stanice>
- [23] Automont CSW. *Váš dodavatel diskových kol* [online]. 2013. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.automontcsw.cz/>
- [24] Automont CSW. *kurzycz* [online]. 2019. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzycz.cz/41034511/automont-csw-sro/>
- [25] O OMV. *OMV v Česku* [online]. 2020. [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <https://www.omv.cz/cs-cz/o-omv/omv-koncern>
- [26] OMV Česká republika. *OMV v Česku* [online]. 2020. [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <https://www.omv.cz/cs-cz/o-omv/omv-ceska-republika>
- [27] Detail firmy. *EKATALOG* [online]. 2020. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.ekatalog.cz/firma/273347-sally-truck-sro-cerpaci-stanice/>
- [28] Úvod. *Sally truck* [online]. 2013. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.sallytruck.cz/index.php/ts-home>
- [29] Produkty a služby. *AMIGO* [online]. 2014. [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <http://www.csamigo.cz/produkty-a-sluzby>
- [30] O skupině MOL. *MOL Česká republika* [online]. 2017. [cit. 2020-01-29]. Dostupné z: <https://molcesko.cz/cz/o-nas/o-skupine-mol/>
- [31] Pohonné hmoty. *MOL Česká republika* [online]. 2017. [cit. 2020-01-30]. Dostupné z: <https://molcesko.cz/cz/produkty-a-sluzby/produkty/>
- [32] EVO. *MOL Česká republika* [online]. 2017. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://evo.molcesko.cz/>
- [33] O nás. *BENZINA* [online]. 2016. [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <https://www.benzina.cz/cs/o-nas/Stranky/main.aspx>
- [34] Singh, R., What is the Difference Between Red & Green Diesel Fuel?. *SCIENCING* [online]. 2018. [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://sciencing.com/difference-red-green-diesel-fuel-7420016.html>
- [35] BIODIESEL. *SlideShare* [online]. 2010. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/biodieselautomotive/diesel-fuel-properties>
- [36] Ather, S. H., How to Measure the Density of Gasoline. *SCIENCING* [online]. 2019. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://sciencing.com/measure-density-gasoline-5515385.html>
- [37] Oleje a maziva. *PEMA* [online]. 2020. [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://www.oleje-pema.cz/cs/oxidacni-stabilita-nitrace-oleje.html>
- [38] Bod vzplanutí. *EBOZP* [online]. 2016. [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: [http://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Bod\\_vzplanut%C3%AD](http://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Bod_vzplanut%C3%AD)
- [39] Jaké parametry se kontrolují u paliva?. *TipCars* [online]. 2011. [cit. 2020-02-07]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/aktuality/jake-parametry-se-kontroluji-u-paliva.html>
- [40] Vše o palivech. *TipCars* [online]. 2014. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/vse-o-palivech-kvalita-nafty-6-dil.html>
- [41] Tlak par benzinů. *Docplayer* [online]. 2016. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/7344754-215-1-20-tlak-par-benzinu.html>

- [42] Zpráva o aktualizace a stavu Evidence čerpacích stanic. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2019. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-čerpacich-panic-pohonnych-hmot/zprava-o-aktualizaci-a-stavu-evidence-čerpacich-panic-pohonnych-hmot-v-cr-ke-25--9--2019--249419/>
- [43] Mužíková, Z., Baroš, P., Pospíšil, M., Šebor, G., *Tlak par a oxidační stabilita butanol-benzinových směsí. Chemické listy.* [online]. 2010, č. 107, s. 717-722. [cit. 2020-01-28]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/617/617>
- [44] Hönig, V., Orsák, M., Táborský, J., *The analysis of the influence of biobutanol and bioethanol mixture with ethers on the vapour pressure of gasoline. Agronomy Research.* [online]. 2015, roč. 13, č. 2, s. 568-576. [cit. 2020-01-28]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/2a46/6a13833fba826b10ff066cadcbfe96b947f8.pdf>
- [45] Mužíková, Z., *Oxidační stabilita kapalných motorových paliv a biopaliv. Chemické listy.* [online]. 2013, č. 107, s. 450-455. [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_06\\_450-455.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_06_450-455.pdf)
- [46] Využití ropy a zemního plynu. *Využití ropy* [online]. [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti\\_ropy.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti_ropy.html)
- [47] Doprava a skladování ropy. *Petroleum* [online] 2020. [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/doprava/>
- [48] Teplá, M., Základní zpracování průmyslové výroby. *SlidePlayer* [online] [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/13642797/>
- [49] Marek, V., Aditivace pohonných hmot. *Řízení & Údržba* [online] 2015 [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/aditivace-pohonnych-hmot/>
- [50] ARÉOMÈTRE AVEC THERMOMÈTRE. *Vincent Leermiddelen Scientific* [online] 2020 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <http://www.leermiddelen.be/fr/areometre-avec-thermometre---153030>
- [51] Viskozimetry Ubbelohde, sklo, dinematické. *BDL* [online] 2018 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.bdl.cz/laboratorni-pristroje-3k/mereni-fyzikalnich-velicin-13k/stanoveni-hustoty-a-viskozity-95k/viskozimetry-272k/viskozimetry-ubbelohde-sklo-kinematicke-1329p>
- [52] Analyzátor bodu vzplanutí dle Pensky-Martense. *Anton Paar* [online] 2020 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.anton-paar.com/cz-cs/produkty/detaily/bod-vzplanuti-pensky-martens-pma-5/>

#### CD-ROM

- [53] Hönig, V., Paliva a maziva. [CD-ROM] Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2013, ISBN 978-80-213-2432-9

#### Normy

- [54] ČSN EN 228+A1. *Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. 24 s. Třídící znak: 65 6505.



- [55] ČSN EN 590+A1. *Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. 20 s. Třídící znak: 65 6506.
- [56] ČSN EN ISO 3405. *Ropné výrobky. Stanovení destilační křivky při atmosférickém tlaku*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 40 s. Třídící znak: 656124
- [57] ČSN EN ISO 3675. *Ropa a kapalně ropné výrobky. Laboratorní stanovení hustoty. Stanovení hustoměrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999. 16 s. Třídící znak: 656011.
- [58] ČSN EN ISO 12937. *Ropné výrobky. Stanovení vody. Coulometrická titrační metoda podle Karl Fischera*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. 16 s. Třídící znak: 656059.
- [59] ČSN EN 12662. *Kapalně ropné výrobky. Stanovení celkového obsahu nečistot ve středních destilátech, motorových naftách a methylesterech mastných kyselin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 16 s. Třídící znak: 656135.
- [60] ČSN EN ISO 3104. *Ropné výrobky. Průhledné a neprůhledné kapaliny. Stanovení kinematické viskozity a výpočet dynamické viskozity*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997. 20 s. Třídící znak: 656016.
- [61] ČSN EN ISO 2719. *Stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004. 32 s. Třídící znak: 656064.
- [62] ČSN EN ISO 23015. *Ropné výrobky. Stanovení teploty vylučování parafínů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1996. Třídící znak: 656160.
- [63] ČSN EN 116. *Motorová nafta a topné oleje pro vytápění domácností. Stanovení filtrovatelnosti CFPP*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999. 24 s. Třídící znak: 656166
- [64] ČSN EN ISO 4264. *Ropné výrobky. Výpočet cetanového indexu paliv na bázi středních destilátů rovnicí o čtyřech neznámých*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. 12 s. Třídící znak: 656187.
- [65] ČSN EN 13016-1. *Kapalně ropné výrobky - Tlak par - Část 1: Stanovení tlaku vzduchem nasycených par (ASVP) a výpočet ekvivalentu tlaku suchých par (DVPE)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019. 16 s. Třídící znak: 656068.

## Seznam obrázků

Obr. 2.1	Mapa ropovodů ve střední Evropě.....	4
Obr. 2.2	Frakční destilace ropy.....	6
Obr. 4.1	Destilační zařízení.....	38
Obr. 4.2	Ponorný hustoměr.....	38
Obr. 4.3	Reid.....	39
Obr. 4.4	Ubbelohdeho viskozimetr.....	40
Obr. 4.5	Pensky-Martens.....	40
Obr. 4.6	Stanovení bodu zákalu.....	40
Obr. 4.7	Filtrační zařízení.....	41
Obr. 5.1	Destilační křivka vzorku 1ax.....	43
Obr. 5.2	Destilační křivka vzorku 2ax.....	43
Obr. 5.3	Destilační křivka vzorku 3ax.....	44
Obr. 5.4	Destilační křivka vzorku 4ax.....	44
Obr. 5.5	Destilační křivka vzorku 5ax.....	45
Obr. 5.6	Destilační křivka vzorku 6ax.....	45
Obr. 5.7	Destilační křivka vzorku 1bx.....	46
Obr. 5.8	Destilační křivka vzorku 2bx.....	47
Obr. 5.9	Destilační křivka vzorku 3bx.....	47
Obr. 5.10	Destilační křivka vzorku 4bx.....	48
Obr. 5.11	Destilační křivka vzorku 5bx.....	48
Obr. 5.12	Destilační křivka vzorku 6bx.....	49
Obr. 5.13	Destilační křivka vzorku 1a.....	50
Obr. 5.14	Destilační křivka vzorku 2a.....	51
Obr. 5.15	Destilační křivka vzorku 3a.....	52
Obr. 5.16	Destilační křivka vzorku 4a.....	52
Obr. 5.17	Destilační křivka vzorku 5a.....	53
Obr. 5.18	Destilační křivka vzorku 6a.....	54
Obr. 5.19	Destilační křivka vzorku 1b.....	55
Obr. 5.20	Destilační křivka vzorku 2b.....	56
Obr. 5.21	Destilační křivka vzorku 3b.....	56
Obr. 5.22	Destilační křivka vzorku 4b.....	57
Obr. 5.23	Destilační křivka vzorku 5b.....	58
Obr. 5.24	Destilační křivka vzorku 6b.....	58

## Seznam tabulek

Tab. 2.1	Základní frakce uhlovodíků .....	9
Tab. 2.2	Třídy těkavosti .....	19
Tab. 2.3	Druhy bezolovnatého benzínu .....	19
Tab. 2.4	Požadavky závislé na klimatických podmínkách .....	23
Tab. 2.5	Základní požadavky automobilového benzínu .....	25
Tab. 2.6	Základní požadavky motorové nafty .....	29
Tab. 5.1	Automobilový benzin – zimní typ .....	42
Tab. 5.2	Naměřené hodnoty vzorku 1ax .....	43
Tab. 5.3	Průběh destilace vzorku 1ax .....	43
Tab. 5.4	Naměřené hodnoty vzorku 2ax .....	43
Tab. 5.5	Průběh destilace vzorku 2ax .....	43
Tab. 5.6	Naměřené hodnoty vzorku 3ax .....	44
Tab. 5.7	Průběh destilace vzorku 3ax .....	44
Tab. 5.8	Naměřené hodnoty vzorku 4ax .....	44
Tab. 5.9	Průběh destilace vzorku 4ax .....	44
Tab. 5.10	Naměřené hodnoty vzorku 5ax .....	45
Tab. 5.11	Průběh destilace vzorku 5ax .....	45
Tab. 5.12	Naměřené hodnoty vzorku 6ax .....	45
Tab. 5.13	Průběh destilace vzorku 6ax .....	45
Tab. 5.14	Automobilový benzin – letní typ .....	46
Tab. 5.15	Naměřené hodnoty vzorku 1bx .....	46
Tab. 5.16	Průběh destilace vzorku 1bx .....	46
Tab. 5.17	Naměřené hodnoty vzorku 2bx .....	47
Tab. 5.18	Průběh destilace vzorku 2bx .....	47
Tab. 5.19	Naměřené hodnoty vzorku 3bx .....	47
Tab. 5.20	Průběh destilace vzorku 3bx .....	47
Tab. 5.21	Naměřené hodnoty vzorku 4bx .....	48
Tab. 5.22	Průběh destilace vzorku 4bx .....	48
Tab. 5.23	Naměřené hodnoty vzorku 5bx .....	48
Tab. 5.24	Průběh destilace vzorku 5bx .....	48
Tab. 5.25	Naměřené hodnoty vzorku 6bx .....	49
Tab. 5.26	Průběh destilace vzorku 6bx .....	49
Tab. 5.27	Motorová nafta – zimní typ.....	50
Tab. 5.28	Naměřené hodnoty vzorku 1a .....	50
Tab. 5.29	Průběh destilace vzorku 1a .....	50
Tab. 5.30	Naměřené hodnoty vzorku 2a .....	51
Tab. 5.31	Průběh destilace vzorku 2a .....	51
Tab. 5.32	Naměřené hodnoty vzorku 3a .....	51
Tab. 5.33	Průběh destilace vzorku 3a .....	51
Tab. 5.34	Naměřené hodnoty vzorku 4a .....	52
Tab. 5.35	Průběh destilace vzorku 4a .....	52
Tab. 5.36	Naměřené hodnoty vzorku 5a .....	53
Tab. 5.37	Průběh destilace vzorku 5a .....	53
Tab. 5.38	Naměřené hodnoty vzorku 6a .....	53
Tab. 5.39	Průběh destilace vzorku 6a .....	53
Tab. 5.40	Motorová nafta – letní typ.....	54

Tab. 5.41	Naměřené hodnoty vzorku 1b .....	55
Tab. 5.42	Průběh destilace vzorku 1b .....	55
Tab. 5.43	Naměřené hodnoty vzorku 2b .....	55
Tab. 5.44	Průběh destilace vzorku 2b .....	55
Tab. 5.45	Naměřené hodnoty vzorku 3b .....	56
Tab. 5.46	Průběh destilace vzorku 3b .....	56
Tab. 5.47	Naměřené hodnoty vzorku 4b .....	57
Tab. 5.48	Průběh destilace vzorku 4b .....	57
Tab. 5.49	Naměřené hodnoty vzorku 5b .....	57
Tab. 5.50	Průběh destilace vzorku 5b .....	57
Tab. 5.51	Naměřené hodnoty vzorku 6b .....	58
Tab. 5.52	Průběh destilace vzorku 6b .....	58

## Seznam zkratk

OPEC	Organization Petroleum Exporting Countries
MTBE	Methyl-terc-butylether
ETBE	Ethyl-terc-butylether
ČAPPO	Česká asociace petrolejářského průmyslu
MMT	Trikarbonylmangan
FBP	Final Boiling Point
OČVM	Oktanové číslo výzkumnou metodou
OČMM	Oktanové číslo motorovou metodou
VSRPA	Přísada pro ochranu netvrzených ventilových sedel
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
CFPP	Cold Filter Plugging Poing
TVP	Bod vylučování parafinů
UV	Ultrafialové záření
CNG	Compressed Natural Gas
LPG	Liquified Petroleum Gas

# Přílohy

## Seznam příloh

Příloha 1	Aditivace pohonných hmot .....	1
Příloha 2	Vzory štítku pro automobilový benzin .....	4
Příloha 3	Povolená odchylka tlaku par .....	4
Příloha 4	Vzory štítků pro motorovou naftu .....	4
Příloha 5	Obecně platné požadavky FAME .....	5
Příloha 6	Počet evidovaných čerpacích stanic.....	6

## *Příloha 1* Aditivace pohonných hmot

Aditiva se přidávají do pohonných hmot kvůli zlepšení jejich vlastností. V případě jeho použití je nutné, aby se v motoru spálilo na produkt, který nezhorší výfukové plyny. Při pravidelném používání je zlepšena čistota motoru, díky které je zvýšena výkonnost a snížena spotřeba paliva. Spalování je dokonalejší a výfukové plyny jsou méně škodlivé. [1]

### **Antidetonařoty**

Toto aditivum zvýší oktanové číslo benzínu a je schopné zabránit velkému opotřebením některých částí motoru. Dříve se používaly sloučeniny olova, které jsou nahrazeny sloučeninami draslíku. Ty dokáží ochránit motor před jeho opotřebením, ale neovlivní oktanové číslo, které je zvýšeno vysokooktanovým uhlovodíkem nebo kyslíkatou benzinovou složkou a ne pomocí antidetonařoty. [1]

### **Detergenty**

Jedná se o čisticí aditivum, které se snaží o odstranění prachových částic a úsad (vznikají díky těžko odpařitelným podílům paliva). Úsady zhoršují složení výfukových plynů, zvyšují spotřebu paliva a poruchovost motoru. Patří k nejdůležitějším aditivům, která paliva zážehových a vznětových motorů využívají. [47]

### **Aditiva proti zamrznání**

V případě, že je nasáván chladný a vlhký vzduch, voda, která je v něm obsažena, vymrzne. Led, který vznikne, ovlivňuje vytváření palivové směsi kvůli zhoršení průchodnosti paliva. Proti zamrznání se využívají aditiva, která obsahují aminy, amidy anebo alkoholy. [4]

### **Antioxidanty**

Při stárnutí a oxidaci paliv může dojít k zalepení palivových cest kvůli lepivým pryskyřičnatým úsadám. V případě, že benzin obsahuje nenasycené olefinické komponenty ve velkém množství, mohou se zalepit i sací ventily. Tomu zabraňují antioxidanty, které obsahují fenoly, aminofenoly, aminy a mohou je využívat benziny i nafty. [47]

### **Deaktivátory kovů**

Antioxidanty mohou být potlačeny některými kovy, které přijdou s palivem do styku. Jedná se například o měď. Aby se zabránilo takovému účinku, přidávají se do paliva taková aditiva, která zapříčiní, aby kov přestal vytvářet aktivní kovové komplexy. [1]

### **Aditiva proti korozi**

V případě, že je pohonná hmota pouze uhlovodíkovou směsí, není korozivní. Pokud obsahuje i jen nepatrné množství vody, může dojít korozi. Pomocí vzniklé rzi jsou ucpávány filtry, trysky aj. Aditivum proti korozi, jež je označováno jako inhibitor (zpomalovač) koroze, nejen brání jejímu vzniku, ale pomáhá přimazávat vstřikovací čerpadlo. [4]

### **Zlepšovače vznětu**

Toto aditivum zvyšuje cetanové číslo pomocí snížené teploty, při které se nafta vznítí a reakční rychlost spalování je zvýšena. Nejčastěji obsahuje organickou dusíkatou sloučeninu s kyslíkem a jedná se například o 2-ethylhexylnitrát. [47]

### **Mazivostní aditiva**

Dříve se jednalo o aditivum pouze pro nafty. Zlepší její mazivost, díky které dochází k namazání pohyblivých částí palivových cest. Nejlepší mazivostní aditivum je ester mastných kyselin a v dnešní době je i nejpoužívanější. V dnešní době se mazivostní přísady přidávají i do benzinů, ve kterých se snaží o snížení tření, ke kterému dochází ve válci motoru. Kvůli tomuto snížení je jednodušší otáčení těchto válců a spotřeba paliva je nižší. [1]

### **Antistatická aditiva**

Většinou se využívá v benzinech a ojediněle i v naftě, v případě, že je možné nahromadění statických elektrických nábojů, k čemuž dochází v případě, že se palivo čerpá za vysokých rychlostí. Pomocí těchto aditiv se zvýší elektrická vodivost paliv. Využívají se soli, které jsou rozpustné v uhlovodících. [47]

## **Biocidy**

Pohonné hmoty obsahují některé mikroorganismy, které se živí uhlovodíky (n-alkany). Vyskytují se hlavně u paliv, která obsahují vodu. Kvůli mikroorganismům vznikají v palivu úsady a kaly, které mohou navíc způsobit korozi. Biocidy způsobují zničení těchto mikroorganismů. [4]

## **Protipěnovostní aditiva**

Využívají je převážně nafty, protože jsou více pěnové než benziny. V nádržích benzinových pump může vzniknout pěna, kvůli které se tankovací pistole vypíná dříve než by měla. Tato aditiva utlumují její tvorbu, a pokud pěna vznikne, je rychleji rozrušena. [1]

## **Zlepšovače tekutosti**

Využívají je motorové nafty, pokud nastanou nízké teploty. Krystalky parafinů jsou změněny – jejich struktura. Aditivum zamezí jejich růst a nafta může lépe procházet přes filtry. Zimní nafty mohou tohoto docílit i bez přidání aditiva. Jako aditivum se využívá polymetakrylát nebo kopolymer. [47]

## **Dispergátory parafinů**

Při nízké teplotě vznikají v naftě pevné parafiny, jejichž hustota je větší než kapalné prostředí, ve kterém se vyskytují, a proto se drží u dna nádrže. Vytvoří tuhou nepřecherpatelnou parafinickou vrstvu, která zabraňuje toku nafty. Tato aditiva nezabrání jejich vzniku, ale pomůžou je nadlehčovat a izolovat, díky čemuž nedochází k jejich usazení a dají se mnohem rychleji rozpustit. [1]

## **Spalovací katalyzátory**

Při spalování nafty dochází k větší tvorbě pevných částic, které tvoří hlavně saze. Při použití spalovacího katalyzátoru, který je rozpustný v naftě, lze jejich tvorbu omezit. Nejpoužívanější jsou sloučeniny, které obsahují cer nebo železo, které se však po spálení stanou kovovými oxidy. Katalyzátory, které jsou organické a neobsahují kovy, se zatím nepodařilo objevit. [4]



*Příloha 2* Vzory štítků pro automobilový benzín [54]



*Příloha 3* Povolená odchylka tlaku par [54]

Obsah ehtanolu % (V/V)	Povolená odchylka tlaku par kPa
0,0	0,0
1,0	3,7
2,0	6,0
3,0	7,2
4,0	7,8
5,0	8,0
6,0	8,0
7,0	7,9
8,0	7,9
9,0	7,8
10,0	7,8

*Příloha 4* Vzory štítků pro motorovou naftu [55]



Příloha 5 Obecné požadavky FAME [20]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min.	max.
FAME	% (m/m)	96,5	-
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	860	900
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	3,50	5,00
Bod vzplanutí	°C	101	-
Cetanové číslo	-	51,0	-
Koroze na mědi (3 h při 50 °C)	korozní stupeň	třída 1	
Oxidační stabilita (při 110 °C)	h	8,0	-
Číslo kyselosti	mg KOH/g	-	0,50
Jodové číslo	g jod/100 g	-	120
Methylester kyseliny linolenové	% (m/m)	-	12,0
Methylestery s více nenasycenými vazbami (≥ 4 dvojně vazby)	% (m/m)	-	1,00
Obsah methanolu	% (m/m)	-	0,20
Obsah monoglyceridů	% (m/m)	-	0,70
Obsah diglyceridů	% (m/m)	-	0,20
Obsah triglyceridů	% (m/m)	-	0,20
Volný glycerol	% (m/m)	-	0,02
Celkový glycerol	% (m/m)	-	0,25
Obsah vody	mg/kg	-	500
Celkový obsah nečistot	mg/kg	-	24
Obsah sulfátového popela	% (m/m)	-	0,02
Obsah síry	mg/kg	-	10
Kovy I. skupiny (Na + K)	mg/kg	-	5,0
Kovy II. skupiny (Ca + Mg)	mg/kg	-	5,0
Obsah fosforu	mg/kg	-	4,0

*Příloha 6* Počet evidovaných čerpacích stanic [42]

Celkový přehled	Počet čerpacích stanic celkem	% podílu	Počet čerpacích stanic - stavby	% stavby	Počet čerpacích stanic - zařízení	% zařízení
Veřejné čerpací stanice	4 006	56,6	3 954	98,7	52	1,3
Čerpací stanice s vymezeným přístupem	696	9,8	607	87,2	89	12,8
Neveřejné čerpací stanice	2 377	33,6	1 513	63,6	864	36,4
Čerpací stanice - celkem	7 079	100	6 074	85,8	1 005	14,2