

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Výroba a vlastnosti biopaliv II. generace**

**Diplomová práce**

**Autor: Bc. Ruslana Shpatakova  
Obor studia: Technologie odpadů**

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

**© 2023 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Výroba a vlastnosti biopaliv II. generace“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a použila odbornou literaturu a další informační zdroje, které jsou citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka této práce prohlašuji, že jsem při jejím tvorbě neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2023

---

## **Poděkování**

Chtěla bych touto cestou poděkovat svému vedoucímu, doc. Ing. Vladimíru Hönigovi, Ph.D. et Ph.D., za odborné vedení, konzultace, vstřícný a pohotový přístup při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janu Jencíkovi za pomoc a rady, které mi poskytl během laboratorních měření a svůj věnovaný čas.

# Výroba a vlastnosti biopaliv II. generace

## Souhrn

Cílem této závěrečné práce je stanovit metody a možnosti výroby biopaliv druhé generace z odpadních surovin na bázi rostlinných olejů a tuků. V rešeršní části jsou popsány různé druhy biopaliv a jejich problematika výroby a vlastností. Dále jsou v této části popsána legislativní nařízení v oblasti biopaliv z pohledu české i evropské legislativy. Rešerše obsahuje také jejich vzájemné porovnání.

V experimentální části byly v laboratorních podmínkách připraveny směsi destilátu Fischer-Tropschovy syntézy s zimní motorovou naftou a směsi s HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) v různých objemových poměrech. Tyto směsi byly následně analyzovány a byly stanoveny jejich fyzikální vlastnosti a probány další zkoušky dle normy ČSN EN 590. Získaná data byla systematizována a na základě těchto dat byly sestaveny grafy pro přehlednost. Výsledky diplomové práce ukazují, že vlastnosti biopaliv druhé generace jsou obvykle podobné nebo dokonce vyšší než u motorové nafty.

V závěrečné fázi práce byla provedena analýza a porovnání získaných dat se schválenými standardy a daty z dalších vědeckých publikací na podobné téma. Na základě tohoto srovnání a předchozí studie byly potvrzeny hypotézy uvedené na začátku práce.

Tato studie ukázala že FT a HVO biopaliva z biomasy nejsou v ekonomickém smyslu konkurenceschopná s fosilními palivy, pokud nejsou legislativně podpořena. Avšak s podporou z legislativy a dalších zdrojů financování, mohou být biopaliva druhé generace důležitou součástí snah o snižování emisí v dopravě. Tyto biopaliva mají výhodu nižších emisí a udržitelnosti, neboť jsou vyráběna z obnovitelných surovin. Bez podpory jsou však konkurenceschopná pouze jako aditiva v omezeném množství. Proto jsou potřebné další podpory, aby se mohla stát širší alternativou k fosilním palivům na trhu.

**Klíčová slova:** biopalivo, bionafta, hydrogenovaný rostlinný olej, biomasa, spalovací motor

# Production and properties of biofuels II. generation

## Summary

The aim of this final thesis is to determine the methods and possibilities of producing second generation biofuels from waste materials based on vegetable oils and fats. The research section describes various types of biofuels and their production and property issues. Additionally, legislative regulations in the field of biofuels are described from both the Czech and European perspective. The research also includes their mutual comparison.

In the experimental section, mixtures of Fischer-Tropsch synthesis distillate with winter diesel and mixtures with HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) in various volumetric ratios were prepared under laboratory conditions. These mixtures were then analyzed, their physical properties were determined, and additional tests were conducted according to the ČSN EN 590 standard. The acquired data was systematized and graphs were created for clarity. The results of the thesis show that the properties of second generation biofuels are usually similar to or even higher than those of diesel fuel.

In the final phase of the thesis, an analysis and comparison of the obtained data with approved standards and data from other scientific publications on similar topics was conducted. Based on this comparison and previous studies, the hypotheses stated at the beginning of the thesis were confirmed.

This study showed that in an economic sense, FT and HVO biofuels from biomass are not competitive with fossil fuels unless they are legislatively supported. However, with support from legislation and other funding sources, second generation biofuels can become an important part of efforts to reduce emissions in transportation. These biofuels have the advantage of lower emissions and sustainability, as they are produced from renewable resources. Without support, they are only competitive as additives in limited amounts. Therefore, further support is necessary to make them a wider alternative to fossil fuels in the market.

**Keywords:** biofuel, biodiesel, hydrogenated vegetable oil, biomass, internal combustion engine

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Vědecké hypotézy a cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Přehled současného stavu.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Vymezení základních pojmů .....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Palivo .....	10
3.1.2	Ropa.....	10
3.1.3	Pohonné hmoty.....	11
3.1.4	Alternativní paliva .....	11
3.1.5	Benzín .....	12
3.1.6	Motorová nafta .....	13
3.1.7	Hydrogenovaný rostlinný olej .....	14
3.1.8	Označení paliv .....	14
3.1.9	Parametry paliva .....	15
<b>3.2</b>	<b>Legislativa.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Evropská legislativa a strategie.....</b>	<b>16</b>
3.3.1	Pařížská dohoda .....	17
3.3.2	Green Deal.....	18
3.3.3	Dekarbonizace energetiky.....	20
3.3.4	Směrnice RED I .....	21
3.3.5	Směrnice RED II .....	21
3.3.6	Směrnice RED III .....	22
3.3.7	Stanovené cíle pro rok 2020 .....	23
3.3.8	Stanovené cíle pro rok 2030 .....	24
3.3.9	Stanovené cíle pro rok 2050 .....	25
<b>3.4</b>	<b>Podpora biopaliv v České republice .....</b>	<b>25</b>
3.4.1	Národní akční plán čisté mobility .....	26
3.4.2	Akční plán pro biomasu .....	27
3.4.3	Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.....	27
3.4.4	Nařízení vlády 351/2012 Sb. o kritériích udržitelnosti biopaliv .....	28
3.4.5	Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů .....	28
<b>3.5</b>	<b>Biomasa a biopaliva .....</b>	<b>29</b>
3.5.1	Biomasa .....	29
3.5.2	Získávání energie z biomasy .....	31
3.5.3	Biopaliva .....	31
3.5.4	Rozdělení biopaliv dle skupenství .....	32
3.5.5	Dělení biopaliv podle generací .....	33
3.5.6	Biopaliva první generace .....	33
3.5.7	Biopaliva druhé generace.....	34
3.5.8	Biopaliva třetí generace .....	37
3.5.9	Biopaliva čtvrté generace.....	37
3.5.10	Metody a možnosti výroby biopaliv druhé generace.....	38
3.5.11	Výhody a nevýhody používání biopaliv. ....	39
<b>4</b>	<b>Cirkulární ekonomika .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Technické aspekty pro aplikace biopaliv .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Ekonomické aspekty pro aplikace biopaliv .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Metodika diplomové práce.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Příprava směsí .....</b>	<b>43</b>
5.1.1	Destilační zkouška .....	44

5.1.2	Hustota .....	45
5.1.3	Bod vzplanutí.....	45
5.1.4	Kinematická viskozita .....	46
5.1.5	Ztráta filtrovatelnosti CFPP .....	46
5.1.6	Cetanový index .....	47
5.1.7	Mazivost naftového paliva .....	48
<b>6</b>	<b>Výsledky měření.....</b>	<b>49</b>
6.1	Destilační křivka .....	50
6.2	Hustota .....	51
6.3	Bod vzplanutí.....	53
6.4	Kinematická viskozita.....	54
6.5	CFPP .....	55
6.6	Cetanový index .....	56
6.7	Mazivost naftového paliva s přídatkem HVO .....	57
6.8	Ekonomické posouzení.....	58
<b>7</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>65</b>
9.1	Seznam obrázků.....	75
9.2	Seznam tabulek .....	75

# 1 Úvod

Ve druhé polovině 20. století se svět potýkal s ekologickými problémy, které samy o sobě mohou mít velké důsledky. Jedním z těchto problémů jsou emise CO<sub>2</sub> do zemské atmosféry, které ročně dosahují až 8 miliard tun. Ekosystémy země jsou schopny absorbovat pouze polovinu ročních emisí, zbytek se hromadí v atmosféře. V roce 1997 podepsalo 105 států Kjótský protokol, jehož cílem je snížit atmosférické emise přebytečného oxidu uhličitého produkovaného spalováním ropy, uhlí, fosilního plynu a jejich zpracovatelských produktů (Kjótský protokol 1997).

V současnosti jsou fosilní paliva hlavním zdrojem spotřeby energie. Tyto zdroje jsou omezené a jejich zásoby se neustále snižují, zároveň se zvyšuje jejich spotřeba. Používání fosilních paliv také způsobuje vysoké emise oxidu uhličitého, které vedou k nárůstu koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře a ke vzniku skleníkového efektu, který ovlivňuje klima (Toppr 2019).

Během první ropné krize se vědci zaměřili na hledání nových alternativních zdrojů energie, které by mohly nahradit tradiční uhlovodíková paliva. Biopaliva se v tomto ohledu ukázala jako důležitý zdroj energie s výjimečným postavením mezi obnovitelnými zdroji energie, protože přispívají k rozvoji zemědělství a venkova, zajištění energetické bezpečnosti a snižování emisí skleníkových plynů, což má pozitivní dopad na klima (Slejška 2014).

Vzhledem k nárůstu poptávky po dodávkách energie ve všech regionech světa a růstu automobilů, stejně jako ke zpřísnění požadavků na životní prostředí, je stále větší zájem o hledání nových účinných a ekologických zdrojů energie. Mezi alternativními zdroji energie pro vozidla, které mají významný potenciál pro komercializaci, zaujímají biopaliva významné postavení. Tyto paliva, včetně ethanolu a bionafty, také mají potenciál nahradit značné množství ropy (Kuchar et al. 2009). Mezi významné výhody biopaliv patří zlepšení energetické bezpečnosti, snížení emisí skleníkových plynů a škodlivých látek, zlepšení vlastností automobilů, rozvoj ekonomiky a ochrana životního prostředí atd.

Důležitým typem biopaliv je kapalné palivo, které je v této fázi rozděleno do 1., 2. a 3. generace.

V diplomové práci se podíváme na biopaliva 2. generace, což představuje další stupeň zpracování biologických surovin. Tento proces zahrnuje použití surovin jako jsou dřevní buničina, výrobní odpad, zemědělské plodiny s menší cenou, sláma atd. Mezi hlavními typy biopaliv této třídy patří bioethanol, bionafta (vyrobená metodou Fischer-Tropsch), biomethanol, bio-MTBE, Bio-DME, biovodík, bio-ETBE a HTU-Diesel (Demirbas 2007).

Biopaliva druhé generace mají řadu klíčových výhod oproti tradičním fosilním palivům a biopalivům první generace. Tyto výhody zahrnují schopnost dosáhnout významného snížení emisí skleníkových plynů a požadavků na půdu.

Zdá se, že základní technologie, které jsou přijatelné pro řešení tohoto problému, jsou dostatečně prozkoumány a hlavním směrem budoucího výzkumu bude zlepšení účinnosti výroby biopaliv.

Cílem této práce je podrobně se seznámit s výrobou a vlastnostmi biopaliv 2. generace, aby bylo možné posoudit jejich potenciál jako udržitelných a efektivních zdrojů energie pro budoucnost.



## 2 Vědecké hypotézy a cíle práce

Hypotézy:

1. Hydrogenovaný rostlinný olej má nižší mazivost než motorová nafta.
2. Příměs hydrogenovaného rostlinného oleje ovlivňuje v průběhu destilace především jádrovou frakci paliva.

Cílem práce je stanovit metody a možnosti výroby biopaliv II. generace na bázi rostlinných olejů a tuků z odpadních surovin. Dále navrhnout samostatné technologické zpracování v rafinérském prostředí a ekonomicky jej posoudit. Součástí je experimentální vyhodnocení parametrů získaného paliva a jeho směsí s konvenčním fosilním palivem.

Dílčí cíle:

1. Vyhodnotit parametry směsi nafty s hydrogenovaným rostlinným olejem (HVO).
2. Vyhodnotit parametry směsi nafty s Fischer-Tropsch (FT).

## 3 Přehled současného stavu

Tato kapitola shrnuje informace o palivech, jejich vlastnostech, rozdílech, způsobech výroby a používání. Dále jsou popsány různé právní předpisy a strategie Evropské unie a České republiky pro všechna paliva, včetně biopaliv. V této kapitole zjistíte, jaké druhy biopaliv existují a k čemu se používají.

### 3.1 Vymezení základních pojmů

#### 3.1.1 Palivo

Palivo je látka, která se používá jako zdroj energie. Vytváří se při jeho spalování značné množství tepla. Paliva mohou být přirozená, která jsou dostupná v přírodě, nebo umělá, která se získávají zpracováním přírodního materiálu.

Obecně lze všechna paliva klasifikovat podle stavu agregace, tj. tuhá paliva (jako dřevo, ropné břidlice, rašelina a uhlí), kapalná paliva (jako ropa a ropné produkty) a plynná paliva (jako zemní plyn a vodík). Je také možné je oddělit podle původu, jako rostlinné, minerální a produkované průmyslovou činností, zejména zpracováním (Bičáková et al. 2016).

Pevná a kapalná paliva jsou složeným mixem organických a minerálních sloučenin, sestávajících z hořlavých a nehořlavých částí (Karim 2012).

Pevná paliva se skládají z hořlavých a nehořlavých složek. Hořlavá část obsahuje pět základních prvků: uhlík, vodík, síru, kyslík a dusík. Tyto složky se podílejí na spalování a vodík, uhlík a hořlavá síra hrají klíčovou roli. Nehořlavá část se skládá z anorganických látek, které se po spalování přemění na popel a vlhkost (Toppr 2019).

V závislosti na použití se palivo rozděluje na energetické, technologické a komplexní. V poslední době se stále častěji uchylujeme k energetickému využití paliva s technologickým předzpracováním, které uvolňuje cenné látky pro chemický průmysl. Zbytkový produkt se používá jako energetické palivo (Speight 2008).

Nicméně ne všechna paliva jsou stejně účinná a užitečná kvůli rozdílnému množství tepla uvolněného při spalování. Mezi nejčastěji používaná paliva patří ropa, ropné produkty, uhlí, zemní plyn, dřevo, rostlinná paliva, odpad, rašelinové sloučeniny a ropné břidlice (Blažek & Rábl 2006).

#### 3.1.2 Ropa

Ropa je člověku známa už od starověku. Lidé se již dlouho zajímali o černou tekutinu, která vytékala ze země. Ropa je nejdůležitějším zdrojem energie na světě a tvoří 33 % světové spotřeby energie (BP Statistical Review of World Energy 2020). Je významná svou vysokou energetickou hodnotou a vhodností pro přepravu, což ji činí téměř nepostradatelným energetickým zdrojem.

Ropa je nerostnou fosilií, která se vyskytuje jako olejová kapalina. Je to hořlavá látka, která bývá často černá, ale barva ropy se může v různých oblastech lišit (může být hnědá, třesňová, zelená, žlutá a dokonce průhledná). Chemická analýza ropy ukazuje, že se jedná o komplexní směs uhlovodíků s příměsí sloučenin jako síra, dusík a další. Vůně ropy se také

může lišit, v závislosti na obsahu aromatických uhlovodíků a sloučenin síry v jejím složení. Olej je čirý a tekoucí jako voda. A je to černé a tak viskózní a sedavé, že nevytéká z nádoby, i když je obrácena (Kumar et al. 2011).

Ropa (a její doprovodný uhlovodíkový plyn) leží v hloubkách od několika desítek metrů do 5-6 kilometrů. V hloubkách nižších než 6 km se vyskytuje pouze plyn a v hloubkách vyšších než 1 km pouze ropa. Většina produktivních vrstev se nachází mezi hloubkou 1 a 6 km, kde se ropa a plyn nacházejí v různých kombinacích (Škorpík 2011).

Ropa je uložena v skalách zvaných kolektory. Sběrná nádrž je hornina, která může pojmout tekutiny, jako jsou mobilní látky (olej, plyn, voda). Kolektor lze jednoduše považovat za velmi tvrdou a hustou houbu s póry, které obsahují olej.

Tvorba ropy je velmi dlouhý proces, který prochází několika fázemi. Podle některých odhadů trvá 50 až 350 milionů let (Blažek & Rábl 2006).

### **3.1.3 Pohonné hmoty**

Pohonné hmoty na příděl se objevily poprvé v Česku během první světové války a se používají k pohonu automobilových motorů. Chemická energie pohonných hmot se při spalování v motoru přeměňuje na energii pohybovou (Kadrmaz 1940).

Mezi nejpoužívanější pohonné hmoty na trhu patří benzín a nafta. Benzín je ropného původu a se používá jako palivo pro zážehové spalovací motory. Jeho složení se skládá z alifatických uhlovodíků získávaných frakční destilací ropy (EIA 2021). Nafta se získává destilací a rafinací ropy a je směsí kapalných uhlovodíků. Její kvalita se určuje cetanovým číslem, které vyjadřuje její vznětovou charakteristiku. Nafta se na rozdíl od benzínu může zmrznout (Kadrmaz 1940).

Dalším pohonným hmotou je zkapalněný ropný plyn LPG (propanbutan) jako propanbutan, který se používá jako palivo v spalovacích spotřebičích a pro pohon zážehových motorů. Jeho výhodou je nižší cena v porovnání s benzínem a příznivý vliv na životní prostředí. Přísady mohou zlepšovat vlastnosti pohonných hmot, jako je snižování hluku motoru, ochrana proti korozi, úspory výdajů na provoz, mazání trysk a prodloužení životnosti motoru (EIA 2021).

### **3.1.4 Alternativní paliva**

Alternativní paliva jsou známá již mnoho let. Alternativními palivy se rozumí produkty, které mohou nahradit stávající konvenční paliva na bázi ropy a řeší jiným způsobem, odlišnou technologií pohon vozidel.

Existují následující hlavní důvody pro uplatnění alternativních motorových paliv: rostoucí spotřeba paliv, snaha snížit exhalace, omezené zásoby ropy pouze na málo dalších desetilet, snaha hospodářsky vyspělých zemí o strategickou nezávislost na producentech ropy, vysoká cena ropných paliv, nedostatek ropných paliv. Alternativní paliva v dopravě umožňují omezování emisí limitovaných (oxid uhelnatý, uhlovodíky, oxidy dusíku, pevné částice) a nelimitovaných (např. polyaromatické uhlovodíky) znečišťujících látek a skleníkových plynů (zejména oxidu uhličitého) (Kuchar et al. 2009).

Alternativní paliva se prosazovala postupně, od jednoduchých náhrad ropných paliv (etanol, směsná nafta) přes komplikovanější konstrukční úpravy (LPG, CNG) až po revoluční řešení (systémy s palivovými články). Aplikace alternativních paliv často představují modernizaci řešení již z minulosti automobilového průmyslu (použití plynu). Používáním alternativních paliv se trh s pohonnými hmotami stává rozmanitějším a vznikají nové lokální trhy a aplikace. Stále více organizací se zapojuje do problematiky použití alternativních paliv, i když dříve neměly nic společného s dopravou. Pro zajištění dostupnosti paliva a dosažení dostatečného dojezdu vozidel na alternativní palivo jsou často nutné dvoupalivové vozy (LPG + autobenzín) (MŽP ČR 2008).

Aktuálně využívaná alternativní paliva v dopravě:

Plynná paliva - zejména stlačený zemní plyn (CNG), podmíněně zkapalněný ropný plyn (LPG), (který však nelze považovat za alternativní palivo v pravém slova smyslu z důvodu jeho přímé vazby na zpracování fosilní ropy),

Biopaliva - buď čistá (estery mastných kyselin, jako je FAME, a také čisté rostlinné oleje), nebo v různě koncentrovaných směsích s fosilními palivy, jako je bioethanol s benzínem (např. E85) a estery mastných kyselin s motorovou naftou (např. směsná motorová nafta s 30 % metylesteru řepkového oleje) (Kaštánek 2021).

Používání alternativních paliv v Evropě bude regulováno připravovaným doplňkem směrnice EÚ 92/81/EEC, který předpokládá dosažení 20 % podílu alternativních paliv na celkové spotřebě paliv v roce 2020 (REN21 2013).

### **3.1.5 Benzín**

Na konci 19. století nebyl benzín lepší než antiseptikum (benzín se prodával v lékárnách) a palivo pro primusy. Z ropy byl často odváděn pouze petrolej a všechno ostatní, včetně benzínu, bylo buď spáleno, nebo jednoduše vyhozeno. S příchodem spalovacího motoru poháněného Ottovým cyklem se však benzín stal jedním z hlavních produktů rafinace ropy (Škorpík 2011).

Benzín je hlavní druh paliva pro spalovací motory, který je výsledkem destilace oleje a jeho dalšího chemického čištění. Chemicky se benzín skládá z uhlovodíků s vysokým bodem varu. V současné době se široce používá nejen jako palivo, ale také jako rozpouštědlo pro laky a barvy používané při stavebních pracích. Benzín je těkavý a špinavý, ve formě bezbarvé kapaliny, má složité složení, liší se v mnoha kategoriích a používá se od počátku dvacátého století (Hromádka et al. 2011).

U tohoto typu paliva je vždy složité, vícesložkové složení – několik těžkých a lehkých ropných frakcí, sloučenin obsahujících kyselinu se také liší v poměru uhlovodíků a nečistot. Pro stanovení kvality benzinů se používá hodnocení jejich fyzikálně-chemických vlastností, ale v jakékoli formě se benzín vyrábí výhradně z ropy. Benzín je klasifikován podle různých bází, včetně intervalů teploty varu, oktánového čísla, obsahu síry (Hönig 2013). Benzin používá označení E5 a E10 podle toho, kolik procent biologicky obnovitelných složek obsahuje. Pro E5 je maximální hodnota 5 % a pro E10 je maximální hodnota 10 %.

Benzín používaný ve spalovacích motorech má vliv na životní prostředí a je zdrojem emisí oxidu uhličitého na planetě. Při úniku, výrobě, přepravě a dodávce může benzín pronikat

do životního prostředí jako kapalina i pára. Například podzemní nádrže se používají k zabránění takovým únikům. Benzín obsahuje benzen a další karcinogeny (Souček 2011).

Kvalita benzínu se v poslední době výrazně zlepšila oproti prvním typům paliv a normy pro jeho složení se řídí podle několika ČSN a jsou revidovány s ohledem na životní prostředí podle specifikací Evropského parlamentu a Rady. Kvalitní benzín může být skladován až šest měsíců bez zhoršení kvality (EPA 2017).

### 3.1.6 Motorová nafta

Mezi oblíbenější ropné produkty patří nafta, nazývaná také solárium nebo motorová nafta. Je to kapalný produkt, který se používá jako palivo v dieslových motorech s vnitřním spalováním a v plynových dielelech. Používá se jako palivo v mnoha oblastech, například vysokorychlostní diesellové a plynové turbínové motory pozemního a lodního vybavení (Škorpík 2011).

Nafta se používá od roku 1850 a je výsledkem procesu rafinace ropy. Dříve byla tmavší a viskóznější, ale v důsledku rafinace se stala lehčí. Motorová nafta se vyrábí přímou destilací nebo katalytickým krakováním ropných frakcí petrolej-sůl. Skládá se převážně z petrolejových, plynových a někdy ligroinových frakcí (Novák 2020)

Nafta se vyrábí z vyběžinované ropy, což zvyšuje výtěžek kapalných paliv z ropy. Má lepší fyzikální a chemickou stabilitu ve srovnání s benzínem, což vede k menší ztrátě při přepravě, skladování a používání. Podle skupinového složení obsahuje nafta hlavně parafinové a naftenové uhlovodíky a pouze malé množství aromatických uhlovodíků (Kadrmaz 1940).

Kvalita nafty se stanovuje fyzikálně-chemickými vlastnostmi, které jsou stanoveny technickými podmínkami. Palivo se musí podrobit analýze pro stanovení kvality. Fyzická stabilita nafty je vyšší než u benzínu, takže při splnění podmínek skladování se počáteční kvalita prakticky nezhoršuje (Blažek & Rábl 2002).

Existují různé normy a standardy pro kvalitu nafty, například ČSN EN 590 pro motorovou naftu. Tyto normy stanoví požadavky na vlastnosti nafty, jako jsou teplota topení, bod vzplanutí, viskozita a obsah síry. Tyto požadavky jsou kritické pro správný provoz vznětových motorů a pro ochranu životního prostředí.

Do motorové nafty se nepřidávají speciální barviva a přirozené barvy nafty různých značek se mírně liší (Šturcová 2019). Viskozita není charakteristickým vnějším znakem, takže je obtížné stanovit značku nafty podle vzhledu. Současně je snadné odlišit motorovou naftu od jiných lehkých ropných produktů a zejména od benzínu podle vnějších znaků. Nafta má slabou, neostrou vůni, světle hnědou až hnědou barvu s namodralým nádechem. Po odpaření kapka nafty zanechává na listu čistého papíru mastnou skvrnu, zatímco benzín se odpařuje beze stopy nebo téměř beze stopy (Chudoba 2021).

Motorová nafta je jedovatá látka a ve vysokých koncentracích má narkotický a všudypřítomný účinek. Proniká neporušenou kůží a způsobuje otravu při vdechování výparů a prachu (Horák 2016).

Technické a ekonomické požadavky na naftu jsou stejného charakteru jako u benzínu a někdy dokonce lepší. Specifické požadavky jsou kladené na naftu kvůli charakteristikám pracovního postupu vznětových motorů (Novák 2020).

### 3.1.7 Hydrogenovaný rostlinný olej

Hydrogenovaný rostlinný olej není pouze složkou potravin, ale lze jej také použít jako surovinu pro výrobu biopaliva. Biopaliva jsou alternativním zdrojem energie, který je vyrobený z organických materiálů, jako jsou plodiny, odpadové produkty nebo živočišné tuky (Veselý 2022). HVO se transformuje na biopalivo zvané bionafta, které je obnovitelným palivem vyrobeným z různých rostlinných olejů včetně sójového, palmového a řepkového oleje.

Výroba bionafty z hydrogenovaného rostlinného oleje zahrnuje rozklad oleje na jeho složky a následnou rekombinaci k vytvoření paliva, které lze použít v spalovacích motorech. Použití HVO jako zdroje biopaliva má výhodu, že se jedná o snadno dostupnou a relativně levnou surovinu. HVO je také udržitelným zdrojem energie, který nezvyšuje emise skleníkových plynů, protože pochází z plodin (Zheng et al. 2020).

Avšak, výroba bionafty z HVO má i své nevýhody. Samotný proces hydrogenace je energeticky náročný a může ohrozit zásoby potravin a způsobit zvýšení jejich cen (Smith & Brown 2021). Je tedy důležité zvážit potenciální environmentální a sociální dopady výroby a používání HVO jako zdroje (Kaur et al. 2022).

HVO má specifické kvalitativní parametry, jako je cetanové číslo, CFPP, hustota, destilace, viskozita a bod vzplanutí. Cetanové číslo by mělo být nad 70, CFPP by mělo být pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hustota při  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  by měla být  $820\text{--}845\text{ kg/m}^3$ , 90 % HVO by mělo destilovat při teplotě pod  $360\text{ }^{\circ}\text{C}$ , viskozita při  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  by měla být  $2,0\text{--}4,5\text{ mm}^2/\text{s}$  a bod vzplanutí by měl být nad  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tyto hodnoty se mohou lišit v závislosti na konkrétním výrobcu a procesu výroby (Aatola et al. 2008).

V současné době se HVO vyrábí v průmyslovém měřítku a je komerčně dostupný jako alternativa k fosilním palivům. Jeho použití může pomoci snížit závislost na fosilních palivech a přispět k ochraně životního prostředí (Knothe 2005).

### 3.1.8 Označení paliv

Evropská unie již v roce 2003 přijala program pro využití biopaliv v dopravě a příslušné směrnice, které definovaly biopaliva a biosložky a stanovily podmínky pro jejich využití (European Commission 2003). V České republice byl přídavek biosložek uzákoněn v roce 2007 (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR 2007).

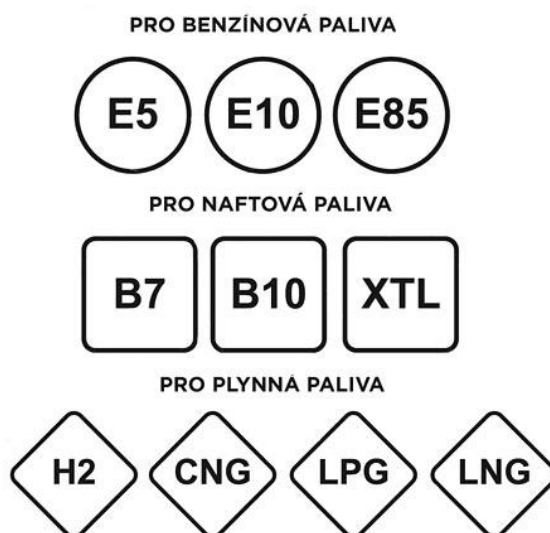
V současnosti stále převažují v distribuční síti tzv. biopaliva první generace, tedy taková, která jsou vyráběna přímo z rostlin potravinářského charakteru jako cukrová řepa, obilí, brambory a v případě nafty v Evropě převažující řepka olejná (Hromádko 2012).

Postupně se však rozvíjí i výroba biopaliv druhé generace, která jsou vyráběna výhradně ze surovin nepotravinářského charakteru, jako jsou lignocelulóza, rychle rostoucí dřeviny, těžební zbytky, energetické rostliny, plastový a komunální odpad, upotřebené kuchyňské oleje i živočišný odpad (Hromádko et al. 2010).

Nově jsou paliva povinně rozdělena do tří skupin: benzínová nesou označení ve tvaru kruhu, naftová ve čtverci a plynná v kosočtverci. Písmena uvnitř symbolů značí typ biosložky, čísla pak jejich podíl. Benzín značí písmeno „E“ (jako ethanol), naftu pak písmeno „B“ (Oleszek et al. 2019).

Nejčastěji používaný benzín Natural 95 má tedy označení „E5“, klasická nafta „B7“. Paliva s vyššími čísly, jako „E10“, „E85“ nebo „B10“, mají vyšší podíl biosložky. Palivo s písmeny XTL pak značí parafinickou naftu (syntetickou naftu, která není ropného původu) (Oleszek et al. 2019).

Plynná paliva nesou označení ve tvaru kosočtverce. Uvnitř něj pak najdeme označení konkrétního typu plynu, jako LPG (zkapalněný ropný plyn), CNG (stlačený zemní plyn), LNG (zkapalněný zemní plyn) nebo H<sub>2</sub> (vodík) (Oleszek et al. 2019).



Obrázek č. 1 Symboly paliv

Zdroj: Svet energie 2018

Na čerpacích stanicích se nyní můžeme setkat s některými z těchto označení biopaliv, které jsou uvedeny na obrázku č. 1.

### 3.1.9 Parametry paliva

Parametry paliva jsou charakteristiky, které popisují fyzikální a chemické vlastnosti paliva a ovlivňují jeho použití v různých aplikacích. Mezi nejdůležitější patří oktanové číslo (pro benzín), cetanové číslo (pro naftu), hustota paliva, obsah síry a bod tuhnutí. Tyto parametry jsou důležité pro výrobce, prodejce a uživatele paliv a motorových vozidel, aby bylo zajištěno, že se paliva používají správně a efektivně (Boček 2021).

Podle normy ČSN EN 590 musí diesellové palivo splňovat několik hlavních parametrů, které jsou vizuálně představeny v tabulce č. 1. Tyto parametry určují kvalitu motorové nafty a ovlivňují její vlastnosti, jako je výkon, účinnost a bezpečnost motoru. Je důležité, aby výrobci motorové nafty dodržovali tyto požadavky, aby bylo zajištěno spolehlivé a bezpečné fungování diesellových motorů.

Tabulka č. 1 Základní kvalitativní parametry motorové nafty

Ukazatel	Jednotka	Motorová nafta			
		třída B	třída D	třída F	třída 2
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	820.0-845.0	820.0-845.0	820.0-845.0	820.0-840.0
Cetanové číslo		min. 51,0	min. 51,0	min. 51,0	min. 48,0
Cetanový index, min.		46	46	46	
Obsah síry	mg/kg	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	1,50-4,00
Bod vzplanutí	°C	nad 55	nad 55	nad 55	
Destilační zkouška					
při 180 °C předest.	% (V/V)				max. 10
při 250 °C předest.	% (V/V)	<65	<65	<65	
při 340 °C předest.	% (V/V)				min. 95
při 350 °C předest.	% (V/V)	min. 85	min. 85	min. 85	
95% (V/V) předest.	°C	max. 360	max. 360	max. 360	
Filtrovatelnost CFPP	°C	max. 0	max. -10	max. -20	max. -32
Mazivost, průměr oděrové plochy (wsd 1,4) při 60 °C - μm, max.		460	460	460	

Zdroj: ČSN EN 590+A1 2018

## 3.2 Legislativa

Tato podkapitola shrnuje legislativní rámec týkající se ochrany životního prostředí, biopaliv a alternativních paliv, nejen v Evropské unii, ale také v České republice.

## 3.3 Evropská legislativa a strategie

V tomto pododdílu budou popsány evropské právní předpisy, strategie a směrnice, týkající se podpory užívání biopaliv a alternativních paliv. Tyto směrnice zahrnují:

- Směrnice 2003/30/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 8. května 2003 o podpoře užívání biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě,
- Směrnice 2009/28/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (směrnice RED I),
- Směrnice 2009/30/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. dubna 2009 o specifikaci benzínu, motorové nafty a plynových olejů a snížení emisí skleníkových plynů,
- Směrnice 2018/2001/ES Evropského parlamentu a Rady z roku 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (směrnice RED II),
- Směrnice 98/70/ES Evropského parlamentu a Rady o jakosti benzínu a motorové nafty (směrnice FQD),
- Směrnice 2015/652 Evropské rady z roku 2015 o výpočtu a zprávách týkajících se jakosti benzínu a motorové nafty, včetně nesilničních pojízdných strojů, vozidel a plavidel vnitrozemské plavby (Evropská rada 2015).



### 3.3.1 Pařížská dohoda

Změna klimatu je závažným environmentálním, ekonomickým a společenským problémem, který vyžaduje naši pozornost.

Pro získání vědeckých podkladů ke změně klimatu vznikl Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC). Tohoto panelu se účastní vědci a instituce z celého světa. Jejich výsledky pak slouží jako podklad pro politická jednání a následná rozhodnutí. Nejvýznamnějším krokem pro mezinárodní ochranu klimatu bylo přijetí Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. V roce 1997 k ní byl přijat tzv. Kjótský protokol. V prosinci 2015 byla v Paříži schválena nová smlouva o ochraně klimatu, tzv. Pařížská dohoda, kterou akceptovaly všechny smluvní strany Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu a zavázaly se snižovat emise skleníkových plynů tak, aby přispěly k dosažení cíle udržení nárůstu průměrné globální teploty alespoň pod hranicí 2 °C ve srovnání s úrovní před průmyslovou revolucí. Pařížská dohoda vstoupila v platnost v listopadu 2016 (Consilium Europa 2021a).

K dosažení tohoto dlouhodobého teplotního cíle se země snaží dosáhnout globálního vrcholu emisí skleníkových plynů co nejdříve, aby do poloviny století dosáhly klimaticky neutrálního světa (Johnson 2009).

Pařížská dohoda představuje mezník v mnohostranném úsilí o řešení klimatických změn, jelikož je to první závazná dohoda, která spojuje všechny národy v podnikání ambiciózních kroků boje proti změnám klimatu a přizpůsobení se jeho dopadům. Evropská unie a jejích 28 členských států se podle tzv. klimaticko-energetického balíčku zavázalo snížit emise skleníkových plynů o 20 % do roku 2020 oproti úrovním roku 1990 (Consilium Europa 2021a).

Pařížská dohoda deklaruje následující cíle:

- Omezit nárůst průměrné globální teploty na hodnoty výrazně pod 2 °C oproti úrovním před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nebyl vyšší než 1,5 °C oproti úrovním před průmyslovou revolucí,

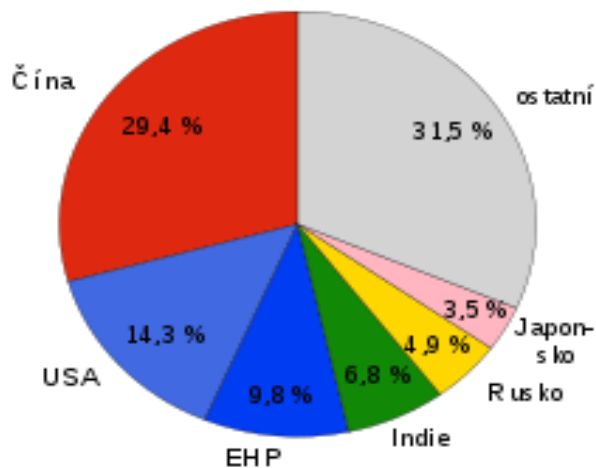
- Zlepšit schopnost přizpůsobit se dopadům změn klimatu a posílit odolnost a nízkoemisní rozvoj takovým způsobem, že se neohrožuje produkce potravin,

- Sladit finanční toky s nízkoemisním a odolným vůči změnám klimatu rozvojem,

- Vlády se dohodly, že budou každých 5 let informovat o svých plánech s cílem stanovit ambicióznější cíle. Rovněž se dohodly, že poskytnou informace o svém pokroku jedna druhé a veřejnosti, aby byla zajištěna transparentnost a zodpovědnost,

- EU a další rozvinuté země budou nadále poskytovat finanční zdroje pro opatření týkající se klimatu, aby pomohly rozvojovým zemím snížit emise a budovat odolnost vůči dopadům změn klimatu (Consilium Europa 2021a).

Provádění Pařížské dohody vyžaduje ekonomickou a sociální transformaci založenou na nejlepší dostupné vědě.



Obrázek č. 2 Největší producenti CO<sub>2</sub>  
Zdroj: Evropská rada 2018

Změna klimatu je hlavním problémem celého světa, který ovlivňuje každého z nás. Na obrázku č. 2 vidíme země, které produkují nejvíce CO<sub>2</sub>. Evropská komise představila největší soubor klimatických návrhů, které mají země EU nasměrovat ke splnění přísnějších emisních cílů v roce 2030 (návrh bývá označován jako Zelená dohoda nebo Green Deal). Unijní exekutiva chce v zájmu boje proti oteplování planety mimo jiné skoncovat s výrobou benzínových a dieselových aut, zpoplatnit emise z dopravy či vytápění budov nebo zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě energie. Evropská komise také potvrdila cíl snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů nejméně o 55 % ve srovnání s rokem 1990 (Consilium Europa 2021a).

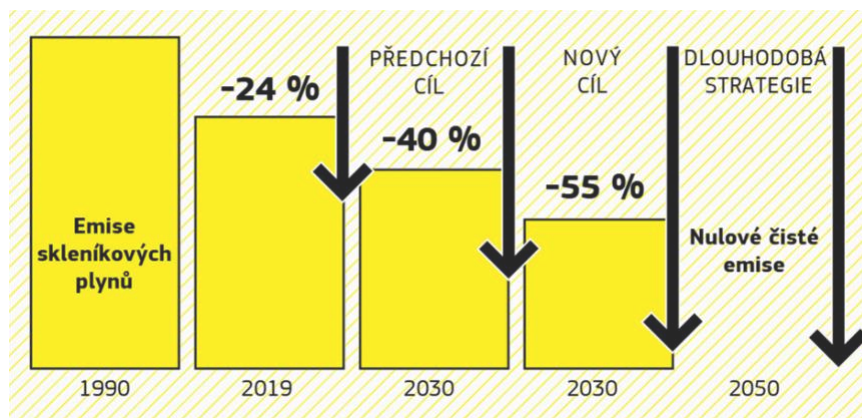
Pařížská dohoda z roku 2015 znamená začátek přechodu do nízkouhlíkového světa a stanovuje cíle snížení emisí skleníkových plynů a adaptaci na změny klimatu pro všechny země světa. Provádění této dohody je nezbytné pro dosažení cílů udržitelného rozvoje, protože představuje plán akcí souvisejících se změnou klimatu, které sníží emise a zvýší odolnost vůči změně klimatu (Consilium Europa 2021a).

### 3.3.2 Green Deal

Zelená dohoda pro Evropu je novou strategií Evropské unie (EU) pro růst, která má Evropu nasměrovat na cestu k transformaci v klimaticky neutrální, spravedlivou a prosperující společnost s moderní a konkurenceschopnou ekonomikou, efektivně využívající zdroje.

Green Deal byl poprvé představen Komisí EU 11. prosince 2019 jako způsob, jak se má z Evropy stát do roku 2050 první klimaticky neutrální kontinent a jak oživit hospodářství, zlepšit zdraví a kvalitu života občanů a pečovat o přírodu, tak aby nikdo nebyl opomenut. Hlavními myšlenkami jsou udržitelnost evropského hospodářství, včetně účinného využívání zdrojů a zastavení změny klimatu, zabránění ztrátě biologické rozmanitosti a snížení znečištění. Zelená dohoda se vztahuje na všechna odvětví hospodářství, zejména na dopravu, energetiku, zemědělství, výstavbu a další průmyslová odvětví (Evropská Komise 2020).

Hlavním cílem Green Deal je dosáhnout uhlíkové neutrality v EU do roku 2050, kdy EU nebude produkovat žádné emise skleníkových plynů a hospodářský růst bude oddělen od využívání zdrojů. Snížení emisí skleníkových plynů podle roku můžeme vidět na obrázku č. 3. Dalším cílem je chránit, zachovávat a posilovat přírodní kapitál EU a chránit zdraví a blahobyt občanů před environmentálními riziky a dopady (Evropská Komise 2020).



Obrázek č. 3 Snížení emisí skleníkových plynů

Zdroj: Zpráva EU 2020

Součástí Green Dealu je široké spektrum změn v různých oblastech ekonomiky, které mají pomoci rychle snižovat emise skleníkových plynů v Evropských zemích. Tento plán je rozdělen do několika oblastí, jako je zachování a ochrana biodiverzity, udržitelný průmysl, výstavba a renovace, doprava a mobilita, udržitelné zemědělství a energetika (European Parliament 2021). Tyto oblasti by měly pomoci snižovat znečištění ovzduší, vody a půdy, podporovat recyklaci, efektivní a šetrnou dopravu, zdravý potravinový systém a přechod na čistou energii. Zelená dohoda také reaguje na rostoucí množství mikroplastů v životním prostředí, včetně vody a potravin.

Oblasti Green Dealu:

- snižování znečištění bude větší pozornost věnována kvalitě ovzduší a lepším opatřením na prevenci a reakci na havárie, které znečišťují životní prostředí. Snižovat se bude i znečištění z velkých průmyslových areálů.
- dopravy a mobility má dojít k podpoře ekologických způsobů dopravy na silnici, námořní a letecké dopravě. EU chce také ukončit dotace na fosilní paliva a podpořit výstavbu jednoho milionu nabíjecích stanic pro elektromobily do roku 2025.
- ochrany biodiverzity má dojít k obnovení přirozených toků řek a potoků (až 25 tisíc km) a snížení množství pesticidů v zemědělství (až o polovinu) do roku 2030. Hlavním cílem je vysazení 3 miliard stromů pro udržení půdy, podporu lokálního klimatu a redukcii emisí oxidu uhličitého.
- energetiky má být prosazováno využívání obnovitelných zdrojů (větrné, fotovoltaické, přílivové, vodní atd.), zatímco se bude uzavírat uhelné elektrárny a skončí využívání uhlí jako energetického zdroje. Měly by být propojovány i energetické soustavy, aby bylo možné využít lepší kooperaci při využívání nestálých obnovitelných zdrojů (European Parliament 2021).

V roce 2021 byl představen ambiciózní balíček opatření (s názvem pocházejícím z cíle snížit emise EU alespoň o 55 % do roku 2030) obsahující nové a upravené legislativní návrhy podporující snižování emisí skleníkových plynů (European Parliament 2021).

Green Deal je ambiciózní ekologický plán Evropské unie s cílem stát se do roku 2050 klimaticky neutrálním kontinentem. Tento plán stanovuje opatření jako snížení používání pesticidů, zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie, ukončení prodeje automobilů se spalovacími motory, a zvýšení podílu udržitelného leteckého paliva (Evropská komise 2019).

Tyto opatření přinášejí přínosy jako čistší ovzduší, zdravější potraviny, ekologičtější energii a budovy, delší životnost výrobků díky recyklaci a vznik nových pracovních míst (Evropská komise 2019). Evropská komise nadále přijímá konkrétní legislativní akty v oblasti klimatu a životního prostředí.

### 3.3.3 Dekarbonizace energetiky

Pojem Dekarbonizace (v kontextu dekarbonizace energetiky a celého sektoru průmyslu a služeb) je možno popsat jako proces vedoucí ke snižování množství emisí uhlíku (zejména oxidu uhličitého) v atmosféře. Zvyšování koncentrace emisí uhlíku má totiž fatální dopady na fungování lidské společnosti i celého ekosystému, který hrozí ztráta schopnosti reprodukce. Již globální oteplování planety o více než 1,5 °C, ač v řádu desítek let, znamená podstatné snížení kvalitativního stavu celého ekosystému. Proto byla řadou států podepsána v roce 2015 Pařížská dohoda o ochraně klimatu, ve které se státy zavázaly udržet nárůst globální průměrné teploty pod hranicí 2 °C (Johnson 2009).

Hlavní příčinou oteplování planety je vypouštění CO<sub>2</sub> do ovzduší, což dokládá studie IPCC. K vypouštění dochází nejen při výrobě energie spalováním uhlí a dalších fosilních paliv, ale také spalováním ropy a benzínu v průmyslu i dopravě. Proto se snažíme výrazně redukovat vypouštění CO<sub>2</sub> do ovzduší, a to s cílem snížit celkové emise o 50 % do roku 2050 (Pachauri & Meyer 2014). Aby křivka snižování emisí CO<sub>2</sub> nemusela být tak strmá, je nutné s dekarbonizací začít co nejdříve

Pro dekarbonizaci hledáme cesty a nástroje. Cíle na evropské úrovni jsou vyjádřeny formou Zelené dohody, která definuje strategické kroky k dekarbonizaci a stanovuje, o kolik má dojít ke snížení emisí CO<sub>2</sub> v jednotlivých dekádách (Pachauri & Meyer 2014).

Lze bez nadsázky říct, že Evropa je mezi ostatními kontinenty jednoznačným lídrem na cestě k dekarbonizaci, i když se na celosvětových emisích CO<sub>2</sub> podílí pouze 10 %. Asie, zejména Čína a Indie, a Severní Amerika produkují výrazně více emisí. Evropa se chce ukázat světu, že změna je nutná, technicky i ekonomicky proveditelná a hlavně naléhavá. Pokud by Evropa pouze přihlížela, k potřebným změnám by došlo již pozdě (European Commission 2018).

Dekarbonizace může mít mnoho form a v praxi bude vyžadovat kombinaci všech možných přístupů. Nejvýraznější podíl emisí CO<sub>2</sub> pochází z odvětví energetiky a je spojen s výrobou energie v uhelných elektrárnách, proto je nutné postupně nahrazovat tyto zdroje obnovitelnými zdroji (zejména slunečními a větrnými elektrárnami), nebo přeměnit uhelné elektrárny a teplárny na zemní plyn nebo bioplyn. Proto vznikají na úrovni jednotlivých zemí strategie pro postupné uzavírání uhelných zdrojů (REN21 2019).

Samotná výroba z obnovitelných zdrojů nestačí, je třeba tuto energii také dostat do průmyslu a dopravy. Proto je dalším klíčovým nástrojem masivní elektrifikace jednotlivých sektorů průmyslu a služeb, která využívá energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů (Grubler et al. 2018). Kromě toho je nutné nahradit klasické automobily elektromobily nebo hybridy, kombinující zemní plyn a elektřinu.

Tlak na efektivní chování a hledání úspor energie na straně spotřeby se bude také stále zvyšovat. Nejekologičtější částí energie je ta, která se nemusí vyrobit. Proto budou nadále podporovány činnosti snižující energetickou náročnost, jako je zateplování budov, řízené větrání a stavba nízkoenergetických domů. V rámci dekarbonizační cesty je také nutné využívat alternativní paliva, jako například vodík, a hledat způsoby jejich ekologicky a ekonomicky výhodné výroby (Grubler et al. 2018).

### **3.3.4 Směrnice RED I**

Směrnice RED je legislativní akt Evropské unie, který byl poprvé přijat v roce 2001 a následně novelizován v letech 2009 (RED I) a 2018 (RED II). Směrnice RED I (Renewable Energy Directive I) byla přijata Evropskou unií v roce 2009 a stanovila cíle pro podíl obnovitelných zdrojů energie v celkové spotřebě energie v EU do roku 2020. Hlavním cílem této směrnice bylo zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie v EU, snížit emise skleníkových plynů a podpořit rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Cílem bylo dosáhnout podílu 20 % obnovitelných zdrojů energie v celkové spotřebě energie v EU do roku 2020 (Sustainable Energy Europe 2019).

Směrnice RED I stanovila specifické cíle pro každý členský stát EU na základě jeho vlastních podmínek a potenciálu pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Tyto cíle zahrnovaly podíl obnovitelných zdrojů energie v celkové spotřebě energie, podíl biopaliv v dopravě a podíl obnovitelných zdrojů energie v elektřině. Tato směrnice také stanovila požadavky na kvalitu biopaliv a stanovila kritéria udržitelnosti pro biopaliva, která by měla minimalizovat negativní dopad na životní prostředí. Mezi další opatření patřilo zavedení systému obchodování s emisemi skleníkových plynů pro průmyslové sektory (Evropská komise 2019).

Směrnice RED I byla nahrazena novější verzí, směrnicí RED II, která byla přijata v roce 2018 a vstoupila v platnost v roce 2021. Klíčovými prvky směrnice RED II jsou například cíl 32 % podílu obnovitelných zdrojů energie v celkové spotřebě energie v EU do roku 2030, omezení používání biopaliv první generace a definice přísnějších omezení používání biopaliv na bázi plodin. Další novinky zahrnují například zákaz státní podpory pro výrobu elektřiny z lesní biomasy od roku 2026 a zavedení kritérií udržitelnosti pro využívání biomasy v rámci EU ETS (Sustainable Energy Europe 2019).

### **3.3.5 Směrnice RED II**

V červnu 2018 se Evropská komise, Evropský parlament a Rada Evropské unie dohodly na politické dohodě týkající se rozvoje směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED) s cílem zvýšit podíl obnovitelné energie v Evropě. V listopadu 2018 Evropský parlament směrnici oficiálně schválil. Směrnice RED II vstoupí v platnost v roce 2021 a bude platit až do roku 2030 (European Commission 2018).

Klíčové úkoly směrnice RED II zahrnují dosažení cílů v oblasti obnovitelné energie v EU do roku 2030, využití biopaliv s omezením na bázi zemědělských obilovin a potravinářských plodin, omezení použití biopaliv první generace, vypracování seznamů plodin s vysokým a nízkým rizikem pro ILUC a omezení využití sójových a palmových olejů jako biopaliv (Evropská komise 2019).

Směrnice RED II definuje přísnější omezení používání biopaliv na bázi plodin. Palmový olej a bionafta na bázi sójového oleje s velkou pravděpodobností budou zahrnuté do seznamu vysoce rizikových biopaliv. Podíl biopaliv a biofluidů spotřebovaných v dopravě, vyrobených z potravinářských plodin, by neměl být vyšší než 1 % konečné spotřeby energie v silniční dopravě. V železniční dopravě to nemá být více než 7 % konečné spotřeby energie. Biopaliva s vysokým nepřímým rizikem změny využití půdy budou omezena na úroveň spotřeby z roku 2019, přičemž od 2023 do 2030 bude limit postupně klesat na nulu (Evropská komise 2019).

RED II také mění pravidla pro výpočet podílu obnovitelných zdrojů v dopravě. Nově se cíl odvíjí od snížení emisní intenzity paliv v dopravě a cílem je dosáhnout 13 % v roce 2030.

Další novinkou je zákaz státní podpory pro výrobu elektřiny z lesní biomasy, který začne platit od roku 2026. Kritéria udržitelnosti, která zahrnují i kritérium úspory emisí, musí být aplikována při splnění všech cílů a od roku 2026 také při využití biomasy v EU ETS. Kritéria úspory emisí se nyní také aplikují na provozovatele elektřiny, tepla a chladu, a to nejen na nová zařízení (Sustainable Energy Europe 2019).

Nový legislativní balíček, včetně směrnice RED II, navrhuje také změny v jiných klíčových nástrojích klimatické politiky EU, jako jsou směrnice o obchodování s emisemi, směrnice o energetické efektivitě a směrnice o energetickém zdanění. Navíc je ve Fit for 55 navrženo i zavedení uhlíkového cla na hranicích EU (Evropská komise 2019).

Je třeba upozornit, že všechny návrhy jsou v současnosti stále pouze v draftu a lze tedy očekávat další změny během jednání.

### **3.3.6 Směrnice RED III**

Návrhy aktualizované směrnice (RED III) mají za cíl zdvojnásobit podíl obnovitelných zdrojů z 20 % na 40 % v roce 2030. Součástí RED III budou i řada dalších opatření, jako je podpora elektrifikace, udržitelnost, certifikace plynů jako vodík a přeshraniční spolupráce. Dohody o nákupu energie (PPA) a záruky původu (GOs) také projdou některými důležitými změnami, které podpoří rozvoj těchto trhů nulu (Evropská komise 2019).

Evropská komise v posledním desetiletí vyzdvihla úspěchy trhů PPA a GOs. Tyto mechanismy jsou nyní považovány za klíčové nástroje pro urychlení zavádění obnovitelných zdrojů energie v Evropě. Dohody o nákupu energie (PPA) a záruky původu (GOs) umožňují členským státům efektivněji dosáhnout cílů v oblasti obnovitelných zdrojů a dosáhnout úspor v podpůrných režimech. Tyto mechanismy však také mají své nedostatky, a proto Evropská komise navrhuje několik změn v rámci RED III, které se zaměřují na zlepšení těchto trhů, především na články 15 a 19 (Evropská komise 2021).

Navrhované změny RED II přinášejí kupujícím energie z obnovitelných zdrojů mnoho výhod:

- větší přístup na trh.
- zjednodušení systému GO.
- informace o trhu pro spotřebitele.
- snížené náklady na energii.

Nejdůležitějším úkolem nyní je implementace, provádění a načasování RED III. Vzhledem k tomu, že DDD a GOs jsou ve centru pozornosti nejen RED III, ale také v sadě nástrojů, kterou nedávno oznámila Evropská komise, urychlí nasazení obnovitelných zdrojů v celé Evropě (Evropská komise 2021).

### **3.3.7 Stanovené cíle pro rok 2020**

Na zasedání Evropské rady v březnu 2007 stanovila EU cíle, které mají být splněny do roku 2020, s cílem:

- snížit emisí skleníkových plynů v EU o nejméně 20 % pod úroveň roku 1990,
- zvýšit podíl spotřeby energie z obnovitelných zdrojů na 20 %,
- zlepšit energetické účinnosti s cílem snížit spotřebu primární energie o 20 % ve srovnání s předpokládanými úrovněmi (Evropská rada 2007).

V lednu 2008 navrhla Evropská komise závazné právní předpisy, známé jako klimatický a energetický balíček, aby bylo dosaženo výše uvedených cílů. Tento balíček byl schválen Evropským parlamentem a Radou v prosinci 2008 a stal se zákonem v červnu 2009. EU navrhla postupně zintenzivnit snižování svých emisí z 20 % na 30 % do roku 2020 za podmínky, že se ostatní významné ekonomiky zavážou podílet se na globálním úsilí o snížení emisí (Evropská komise 2008).

V roce 2017 se emise skleníkových plynů v EU podle předběžných údajů snížily o 22 %, což se týkalo i emisí z mezinárodní letecké dopravy, ale neemisí nebo pohlcení vyplývajícího z využívání půdy, změn využívání půdy a lesnických činností. EU očekává, že do roku 2020 překročí svůj cíl vlivem dalšího poklesu emisí podle prognóz členských států. Emise by měly být do roku 2030 o 30 % nižší než v roce 1990, bez dalšího zásahu. EU ukazuje, že přechod na čistou energii je ziskový a pomáhá v boji proti klimatickým změnám. To již vytvořilo nová průmyslová odvětví a pracovní místa v Evropě a zvýšilo technologické inovace (Evropská unie 2016c).

V dubnu 2013 Evropská komise přijala strategii EU pro přizpůsobení se změně klimatu s cílem učinit Evropu odolnější. Tato strategie podporuje koordinaci a sdílení informací mezi členskými státy a začleňování přizpůsobení do politik EU. Strategie naplnila své cíle podpory činností a informovanějšího rozhodování, řízením široké škály politik a programů financování EU a posílením vazeb na snižování rizik katastrof, odolnosti infrastruktury a finančního sektoru (Evropská komise 2013). Nicméně hodnocení ukazuje, že Evropa stále zůstává zranitelná vůči vlivům klimatu uvnitř i vně svých hranic a navrhuje oblasti pro větší přípravu na rizika.

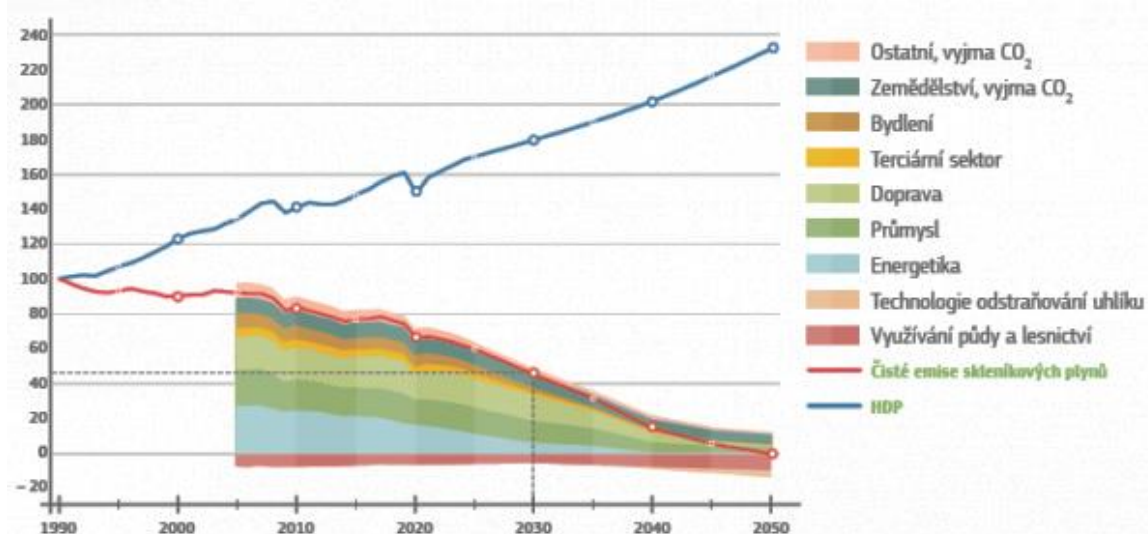
### 3.3.8 Stanovené cíle pro rok 2030

Na zasedání Evropské rady v říjnu 2014 stanovila EU domácí cíle pro snižování emisí skleníkových plynů nejméně o 40 % pod úroveň roku 1990 do roku 2030, spolu s dalšími hlavními stavebními kameny politického rámce do roku 2030. EU také stanovila cíle alespoň 27 % pro obnovitelnou energii a energetickou účinnost do roku 2030. Cílem EU bylo vytvořit hospodářství a energetický systém, které budou konkurenceschopnější, bezpečnější a udržitelnější (Evropská unie 2016b).

V souladu s Pařížskou dohodou přijala EU řadu legislativních opatření, která jí umožní splnit svůj závazek snížit emise skleníkových plynů do roku 2030 nejméně o 40 %. Jednání mezi Evropským parlamentem a Radou zvýšila rovněž úroveň cílů EU pro obnovitelné zdroje energie a energetickou účinnost na 32 % resp. 32,5 %. Pokud budou tyto opatření plně realizována, odhaduje se, že do roku 2030 dojde k poklesu emisí v EU přibližně o 45 % (Evropská unie 2016c).

V usnesení ze dne 25. října 2018 o Konferenci UNFCCC v Katovicích v roce 2018 Evropský parlament podpořil aktualizaci cíle EU snižovat emise skleníkových plynů do roku 2030 na 55 % pod úroveň roku 1990. Na obrázku č. 4 jsou porovnány údaje o HDP a CO<sub>2</sub> od roku 1990 (Euroskop 2020).

EU stanovila své cíle pro rok 2030, které souvisí s omezením zvýšení teploty na 2 °C a snížením emisí skleníkových plynů na HDP. Ostatní rozvinuté země musí také snižovat své emise skleníkových plynů, aby bylo možné omezit zvýšení teploty na méně než 2 °C, nebo dokonce na 1,5 °C (Euroskop 2020).



Obrázek č. 4 Srovnání HDP a CO<sub>2</sub> od roku 1990

Zdroj: Euroskop 2020

Nový systém řízení bude pomáhat EU a jejím členským státům dosáhnout cílů v oblasti snižování emisí skleníkových plynů, obnovitelných zdrojů a energetické účinnosti. Členské státy budou připravovat plány a podávat zprávy o svém pokroku, zatímco EU bude sledovat celkový pokrok. EU a členské státy také připraví dlouhodobé strategie pro období nejméně 30 let od roku 2020. Nařízení bude aktualizovat mechanismus EU pro monitorování a podávání



zpráv o klimatu v souladu s požadavky Pařížské dohody na transparentnost (Evropská komise 2019).

### 3.3.9 Stanovené cíle pro rok 2050

V březnu 2011 Evropská komise poprvé zveřejnila energetický plán do roku 2050, který měl jako cíl snížit emise skleníkových plynů a udržet globální oteplování na méně než 2 °C. Analýza Komise uváděla, že nejefektivnější způsob, jak dosáhnout celkového cíle, je snížit domácí emise o 40 %, 60 % a 80 % pod úroveň roku 1990 do roku 2030, 2040 a 2050. Plán nastiňuje milníky, politické výzvy, investiční potřeby a příležitosti, které ukazují, zda EU směřuje k dosažení svých cílů. Je třeba si uvědomit, že dosažení dlouhodobého cíle v EU bude vyžadovat akce uvnitř EU (Evropská komise 2019).

V rámci závazků stanovených v Pařížské dohodě vydala Evropská komise v listopadu 2018 novou strategii, která potvrzuje závazek Evropy vést opatření na světové úrovni v oblasti klimatu a dosáhnout nulových emisí skleníkových plynů do roku 2050 prostřednictvím nákladově efektivní a sociálně spravedlivé transformace (Evropská unie 2016c).

Nová dlouhodobá strategie EU popisuje cesty pro celé hospodářství s různými možnostmi snižování emisí CO<sub>2</sub> a jejich důsledky pro technologické volby a socioekonomické faktory ve všech hlavních odvětvích hospodářství. To zahrnuje širokou škálu odvětví, počínaje energetikou a zahrnující budovy, dopravu, průmyslovou výrobu a poskytování služeb, nakládání s odpady, zemědělství, využívání půdy a využívání přírodních zdrojů.

Cesta ke klimaticky neutrálnímu hospodářství by vyžadovala společnou akci v sedmi strategických oblastech: a) energetická účinnost; b) zavádění obnovitelných zdrojů; c) čistá, bezpečná a propojená doprava; d) konkurenceschopný průmysl a oběhové hospodářství; e) infrastruktura a propojení; f) biohospodářství a snižování přírodních emisí uhlíku; g) CCS k řešení zbývajících emisí. Sledování všech těchto strategických priorit by přispělo k uskutečnění této vize (Evropská komise 2018).

## 3.4 Podpora biopaliv v České republice

V následujícím podkapitole je shrnuta platná legislativa týkající se biopaliv a alternativních paliv v České republice, její nařízení a směrnice. Česká legislativa zahrnuje řadu zákonů, které spadají do působnosti různých ministerstev:

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší,
- Prováděcí předpis - nařízení vlády č. 351/2012 Sb., o kritériích udržitelnosti biopaliv
- Zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách,
- Vyhláška č. 133/2010 Sb., o jakosti a evidenci pohonných hmot
- Zákon č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních,
- Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, a § 77, odst. 2 předpisů č. 165/2012 Sb., Zákona o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2015).

### 3.4.1 Národní akční plán čisté mobility

Český národní akční plán čisté mobility (NAP CM) vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU z 22. října 2014 o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Tato směrnice stanovuje členským státům EU povinnost rozvíjet infrastrukturu pro dobíjecí a plnicí stanice elektromobilů a vozidel na alternativní pohon, jako je zemní plyn a vodík. NAP CM obsahuje posouzení současného stavu a budoucího rozvoje trhu a také řadu opatření, která by bylo vhodné postupně realizovat, aby se podpořil rozvoj alternativních paliv v dopravě. Tento plán stanovuje požadavky na výstavbu plnicích a dobíjecích stanic mezi lety 2020 a 2030 (Evropský parlament a Rada 2014).

Cílem směrnice bylo vytvořit pro širší uplatnění alternativních paliv a pohonů v sektoru silniční dopravy dostatečně příznivé prostředí. Aktualizace tohoto dokumentu reaguje na dosavadní postup plnění a nové výzvy v této oblasti a odrazuje nejnovější vývoj legislativy EU (Evropský parlament a Rada 2014).

S ohledem na důraz kladený na úrovni EU na dosažení dekarbonizace všech druhů dopravy, obsahuje Národní akční plán čisté mobility (NAP CM) i samostatnou kapitolu týkající se čisté mobility v nesilničních druzích dopravy. Podpora nízkoemisních vozidel přispěje ke snížení produkce emisí ze sektoru silniční dopravy, a to především ve městech a aglomeracích, kde je doprava hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu ovzduší (NAP CM 2019).

Hlavním cílem čisté mobility by mělo být snižování zdravotně rizikových emisí z dopravy, především prachových mikročástic menších než 10 mikrometrů (PM10), částic PM2,5, polycyklických aromatických uhlovodíků, benzenu, aldehydů, oxidů dusíku, prekursorů ozónu, těžkých kovů a prachu. Fatální a zdravotní důsledky rizikových emisí jsou překvapivě násobně vyšší než ty z dopravních nehod (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2015).

Rozvoj čisté mobility přinese nejen pozitivní dopady na životní prostředí a zdraví obyvatel, ale také menší závislost na ropě a představuje obrovský potenciál pro český automobilový průmysl.

Dne 27. dubna 2020 schválila vláda svým usnesením č. 469 aktualizaci Národního akčního plánu čisté mobility, který předložilo Ministerstvo průmyslu a obchodu spolu s Ministerstvem dopravy a Ministerstvem životního prostředí. Tato aktualizace reaguje na nové unijní dokumenty, jako jsou nové emisní cíle CO<sub>2</sub> pro osobní a lehká užitková a nákladní vozidla, povinný 14 % podíl obnovitelných zdrojů energie v dopravě, povinný podíl nízko a bezemisních vozidel v rámci nadlimitních veřejných zakázek a nové programovací období. Aktualizace zahrnuje predikce počtu dobíjecích a plnicích stanic a cíle pro vozový park. Finanční podpora bude zajištěna zejména z prostředků EU pro období 2021-2027 (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2015).

Kromě podpory nákupu vozidel a související infrastruktury bude nutné řešit také zajištění elektrické sítě, parkování vozidel v podzemních garážích, dosažení 14 % podílu obnovitelných zdrojů energie v dopravě, vzdělávání, výzkum a vývoj v této oblasti a další opatření, která napomohou zvýšit počty vozidel na alternativní paliva, snížit emise z dopravy a podpořit český automobilový průmysl a energetiku v plnění evropských směrnic (Smith 2010).

### 3.4.2 Akční plán pro biomasu

Dne 12.9.2012 byla vládou schválena Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020. Cílem tohoto materiálu je vymezit opatření a principy pro efektivní a účelné využití energetického potenciálu biomasy a splnění závazků ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce 2020 dosahovat 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10% (Ministerstvo zemědělství 2012).

Akční plán na období 2012 – 2020 by měl pomoci upřesnit odhad přínosu biomasy pro energetickou bilanci a obsahuje informace o hlavních oblastech energetického využití biomasy, jako jsou přímé spalování na výrobu tepla a elektrické energie, bioplyn a kapalná biopaliva. Navrhuje také opatření pro udržitelnost této oblasti do roku 2020.

Akční plán se soustředí na míru a účelnost energetického využití biomasy z produkce zemědělství, jako jsou zbytková biomasa z živočišné výroby, cíleně pěstovaná biomasa, trvalé travní porosty a rychle rostoucí byliny a dřeviny (Ministerstvo zemědělství 2012).

Využití biomasy pro energetické účely v České republice je tradičním a v posledních 20 letech se rozvíjejícím se odvětvím hospodářské činnosti. Přispívá ke zdiversifikování zemědělství, k rozvoji biodiverzity v Česku, podporuje zaměstnanost na českém venkově a pomáhá snižovat strategickou závislost na dovážených primárních zdrojích. Národní akční plán pro energetiku z obnovitelných zdrojů v ČR nestanovuje závazné množství energie z obnovitelných zdrojů, ale uvádí potenciál jednotlivých druhů biomasy pro efektivní využití. (Ministerstvo zemědělství 2012). Využití biomasy pro výrobu energie má řadu příznivých environmentálních, krajinářských a regionálně-rozvojových dopadů.

Členské státy EU mají od roku 2010 cíl splnit 5 % podílu biopaliv a cílem pro rok 2020 je 10%. Byly upřednostněny biopaliva vyrobená z nepotravinářských komodit a šetrná k životnímu prostředí. Proto byla zavedena certifikace biopaliv, která bude v budoucnu ještě přísnější (Ministerstvo zemědělství 2012).

### 3.4.3 Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

V roce 2012 byl ukončen legislativní proces přípravy a schvalování nového zákona o ochraně ovzduší, který byl uveden ve sbírce zákonů pod číslem 201/2012 Sb. Ochranou ovzduší se rozumí předcházení znečištění ovzduší a snižování úrovně znečištění tak, aby se omezila rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, aby se snížila zátěž životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a aby byly vytvořeny předpoklady pro regeneraci složek životního prostředí postižených znečištěním ovzduší.

Tento zákon zahrnuje příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:

- Přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší,
- Způsob posuzování přípustných úrovní znečištění a znečišťování ovzduší a jejich vyhodnocení,
- Nástroje ke snižování znečištění a znečišťování ovzduší,
- Práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší,

- Práva a povinnosti osob uvádějících motorové benziny nebo motorovou naftu do volného daňového oběhu na daňovém území České republiky a dodavatelů motorových benzinů a naft v jiných členských státech EU, stejně jako působnost orgánů veřejné správy při zajišťování plnění těchto práv a povinností (Zákon č. 201/2012 Sb).

#### **3.4.4 Nařízení vlády 351/2012 Sb. o kritériích udržitelnosti biopaliv**

Toto nařízení zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a stanovuje kritéria udržitelnosti biopaliv, požadavky na systém kvality a systém hmotnostní bilance, náležitosti prohlášení a dílčího prohlášení o shodě s kritérii udržitelnosti, náležitosti samostatného prohlášení pěstitele biomasy včetně náležitostí dokumentace pěstitele biomasy podle § 21 odst. 9 zákona, náležitosti certifikátů podle § 21 odst. 1 až 3 zákona, základní hodnotu produkce emisí skleníkových plynů pro fosilní pohonné hmoty a obsahové náležitosti zprávy o emisích (Šebor et al. 2006).

Biopaliva splňují kritéria udržitelnosti, pokud:

- a) vykazují úsporu emisí skleníkových plynů podle odstavce 3;
- b) biomasa použitá k jejich výrobě splňuje požadavky uvedené v odstavcích 4 až 7;
- c) biomasa použitá k jejich výrobě byla vypěstována v souladu s požadavky a normami podle společných pravidel pro režimy přímých podpor v rámci společné zemědělské politiky Evropské unie (Nař. č. 351/2012 Sb.).

Biopaliva vyrobená z odpadu nebo zbytků, které nepocházejí ze zemědělství, akvakultury, rybolovu nebo lesnictví, splňují kritéria udržitelnosti, pokud vykazují úsporu emisí skleníkových plynů podle odstavce 3 (Nař. č. 351/2012 Sb.).

Úspora emisí skleníkových plynů při používání biopaliv splňujících kritéria udržitelnosti oproti emisím skleníkových plynů vznikajícím v celém životním cyklu referenčního fosilního paliva musí být nejméně:

- a) 35 % do 31. prosince 2016;
- b) 50 % od 1. ledna 2017;
- c) 60 % od 1. ledna 2018 v případě biopaliv vyrobených ve stacionárním zdroji, který byl uveden do provozu 1. ledna 2017 nebo později.

Hodnota emisí skleníkových plynů při používání biopaliv se určuje podle § 3. Hodnota emisí skleníkových plynů vznikajících v celém životním cyklu referenčního fosilního paliva je stanovena v bodě 3 části B přílohy č. 1 k tomuto nařízení (Nař. č. 351/2012 Sb.).

#### **3.4.5 Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů**

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:

- a) podporu elektřiny, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů energie (dále jen obnovitelný zdroj), druhotných energetických zdrojů (dále jen druhotný zdroj) a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, přechodnou transformační podporu tepla v soustavách zásobování tepelnou energií a zajištění přiměřenosti této podpory, výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené;

- b) pravidla pro rozvoj a regulaci podporovaných zdrojů energie;
- c) podmínky pro vydávání, evidenci a uznávání záruk původu energie z obnovitelných zdrojů a z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla;
- d) podmínky pro vydávání osvědčení o původu elektřiny vyrobené z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných zdrojů;
- e) financování podpory elektřiny z podporovaných zdrojů, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů a poskytnutí dotace operátorovi trhu na úhradu těchto nákladů;
- f) odvod z elektřiny ze slunečního záření;
- g) práva a povinnosti osob, které dodávají pohonné hmoty a elektřinu pro dopravní účely, a působnost orgánů veřejné správy při zajišťování naplnění cílů využívání energie z obnovitelných zdrojů v dopravním odvětví; (Zákon č. 165/2012 Sb.)

Účelem tohoto zákona je:

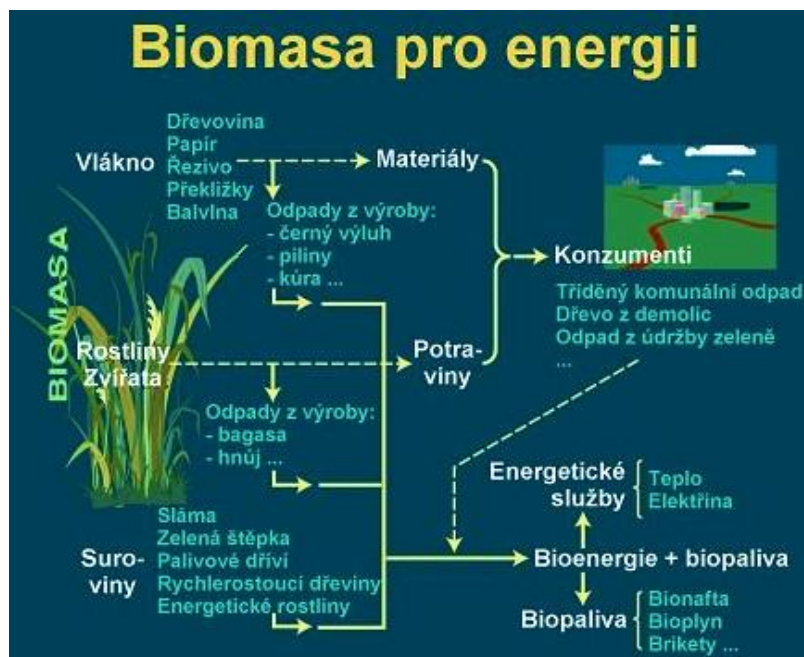
- a) podporovat využití obnovitelných zdrojů, druhotných zdrojů a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla;
- b) zajistit zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie k dosažení stanovených cílů;
- c) přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti;
- d) vytvořit podmínky pro naplnění závazného cíle a příspěvku České republiky k podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v Evropské unii, při současném zohlednění zájmů zákazníků na minimalizaci dopadů podpory na ceny energií pro zákazníky v České republice;
- e) vytvořit podmínky pro naplnění cílů využívání energie z obnovitelných zdrojů v odvětví vytápění a chlazení a v odvětví dopravy (Zákon o podpoře OZE 2012).

### **3.5 Biomasa a biopaliva**

V této kapitole se seznámíme s biomasou a hlavními druhy biopaliv, s jejich popisem výroby a provozních vlastnostmi. Dále jsou popsány různé generace biopaliv a jejich vlastnosti, stejně jako rozdíly mezi nimi.

#### **3.5.1 Biomasa**

Biomasa je organický nefosilní zdroj obsahující vázanou chemickou energii. Kromě rostlinného materiálu patří do biomasy i odpady živočišné výroby a organické složky komunálních a průmyslových odpadů. Biomasa je považována za významný obnovitelný zdroj energie s minimálním vlivem na tvorbu skleníkových plynů. Perspektivní je nejen výroba elektřiny v elektrárnách spalujících biomasu, no i její využití v kogeneračních jednotkách a při výrobě alternativních biopaliv (Bechník 2009). Biomasa se používá k výrobě tepla, elektřiny, bioplynu a biopaliv, což je vidět na obrázku č. 5. Očekává se, že v budoucnu postupně nahradí významnou část fosilních paliv používaných pro výrobu tepla a paliv pro dopravu.



Obrázek č. 5 Využití biomasy  
Zdroj: Antonín Slejška 2014

Energetické plodiny nejsou až na výjimky snadno dostupné. Ideální zdroj energie rostlin-biomasa pro energetický sektor je definován jako zdroj, který má vysoké hektarové výnosy, nízké výrobní náklady, vysoký obsah energie a nízký obsah vody v době sklizně nebo těžby (např. biomasa, která má být termochemickými procesy přeměněna na ušlechtlejší formu energie - elektřinu a/nebo teplo) (Slejška 2014). Současně musí být jeho dopad na životní prostředí přijatelně nízký a snadno integrovatelný do stávajících zemědělských a lesnických systémů a postupů.

Biomasa se může rozdělit do následujících kategorií:

1. Biomasa pěstovaná pro energetické účely: rychle rostoucí dřeviny nebo rostliny bylinného charakteru, které jsou výhodné kvůli snadnému výsevu, krátkému vegetačnímu období a možnosti využití i na neenergetické účely (Bechník 2009).
2. Odpadní biomasa:
  - z rostlinné výroby: zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny, odpady ze sadů a vinic, kukuřičná sláma, řepková sláma,
  - ze živočišné výroby: exkrementy hospodářských zvířat, hnůj, močůvka a kejda,
  - z těžby a zpracování dřeva a lesních odpadů: větve, kůra, kořeny, piliny a hobliny,
  - biologicky rozložitelný komunální odpad: zbytky potravin a papírové obaly,
  - biologicky rozložitelný průmyslový odpad: odpady z jatek, výroby cukru mouky a papíru,
  - splašky z kanalizace (Bechník 2009).
3. Rozdělení biomasy podle odvětví:
  - zemědělská biomasa (obiloviny, řepka, kukuřičná sláma, konopí, zvířecí exkrementy, odpad ze sadů a vinic a energetické plodiny (vrba, topol),
  - lesní biomasa (dendromasa),
  - odpady ze dřevozpracujícího průmyslu (odřezky, hobliny, piliny),

- komunální a průmyslový odpad (pevný hořlavý odpad, biologicky rozložitelný odpad, skládkový plyn, kalový plyn) (Bechník 2009).

### 3.5.2 Získávání energie z biomasy

Nejstarší metodou získávání energie z biomasy je spalování. Jedná se o termochemický proces, při kterém dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny a další látky a následně za přítomnosti vzduchu k oxidaci (slučování hořlavých prvků obsažených v palivu s kyslíkem), při které se uvolňuje oxid uhličitý, voda a teplo, jehož množství závisí na výhřevnosti použitého paliva (Trávniček et al. 2015).

Na rozdíl od fosilních paliv se spalování biomasy vyznačuje prakticky nulovou bilancí oxidu uhličitého. Množství uvolněného plynu do ovzduší je přibližně stejné jako množství, které rostliny během svého života absorbují při fotosyntéze. Při nahrazení části fosilních paliv biopalivy by mohla tato skutečnost přispět ke snížení produkce skleníkových plynů. Biomasa má výhodu v omezení emisí síry ve srovnání s fosilními palivy. Jedná se o poměrně složité palivo, jelikož podíl těkavé látky je velmi vysoký a vzniklé plyny se vyznačují různými spalovacími teplotami, často se stává, že hoří pouze část paliva. Podmínkou pro dokonalé spalování je vysoká teplota a účinné promísení se vzduchem (Slejška 2014).

Nejvyšší účinnosti dosahuje biomasa při využití pro produkci tepla – více než 90 %. Velmi často se biomasa využívá v kogenerační výrobě – kombinované výrobě elektřiny a tepla (účinnost 50-90 %). Při čisté výrobě elektřiny se účinnost pohybuje pod 50 % (Kopfová 2019).

Biomasa je velmi často využívána jako zdroj tepelné energie v domácnostech, ať již jako dřevo, nebo ve formě pelet či briket ve speciálních kotlích (Kopfová 2019).

### 3.5.3 Biopaliva

Spalování fosilních paliv pro výrobu energie významně přispívá k klimatické krizi. Aby se jeho účinky mírnily, je nutné hledat nové zdroje energie. Řešením mohou být biopaliva. Ty jsou vyráběna moderními biologickými procesy, jako je zemědělská výroba a anaerobní zpracování. Rozdílem mezi biopalivy a fosilními palivy je samotný způsob výroby. Očekává se, že nahradí tradiční paliva z vyčerpaných zdrojů palivy z obnovitelných zdrojů (Wasiak 2019).

Biopaliva se vyrábějí z biomasy, která může být přeměněna na biologické palivo. Tyto paliva mohou být vyrobeny z rostlin (např. energetických plodin) nebo z odpadů, které mají biologický původ (jako zemědělský, obchodní, domácí a průmyslový odpad) (Wasiak 2019). Biopaliva se využívají k vytápění, výrobě elektrické energie nebo jako pohon motorových vozidel.

Tato biomasa může být přeměněna na vhodné látky obsahující energii třemi různými způsoby: tepelnou konverzí, chemickou konverzí a biochemickou konverzí. Tyto procesy mohou vést k výrobě paliva v pevném, kapalném nebo plynném stavu (Rodionova et al. 2017).

Lidé se vracejí k biopalivům kvůli klimatické krizi, která se stále zhoršuje díky emisím skleníkových plynů z používání fosilních paliv. Doprava představuje zhruba čtvrtinu celkových emisí oxidu uhličitého souvisejících s výrobou energie a od roku 1970 se objem emisí z tohoto odvětví zdvojnásobil, z toho 80 % připadá na silniční dopravu (Březina 2012).

Druhým důvodem je potřeba najít obnovitelnou energii, protože zásoby ropy a uhlí mohou brzy dojít, k čemuž může přispět i růst cen uhlovodíků (Březina 2012).

### 3.5.4 Rozdělení biopaliv dle skupenství

Hlavní rozdělení biopaliv dle fyzikálního stavu na pevná, kapalná a plynná. Dále dělíme podle způsobu použití: biokapalina - je kapalně biopalivo používané pro jiné energetické účely, než je doprava; biopalivo - je kapalně nebo plynně biopalivo, které je používané pro dopravu a je vyráběné z biomasy (Černocho 2008).

Další zařídění biopaliv je klasifikace podle stupně pokroku v procesu výroby. V rámci této klasifikace dělíme biopaliva do tzv. generací, rovněž se používá rozdělení na biopaliva konvenční (biopaliva 1. generace) a moderní (biopaliva 2., 3. a 4. generace) (Weiss & Svobodová 2014).

Kromě výše uvedeného dělení biopaliv je lze dále klasifikovat v závislosti na tom, zda si biomasa, z níž byla tato biopaliva vyrobena, zachovala původní formu nebo prošla procesem chemické přeměny. Tak můžeme dělit biopaliva na primární (např. pelety) a sekundární (např. bioethanol) (Wasiak 2019).

Biopaliva se vyrábějí ve formě:

- pevná biopaliva (kusové, brikety, pelety dřeva, seno, sláma a piliny),
- plynná biopaliva (bioplyn, dřevoplyn a vodík),
- kapalná biopaliva (zkapalněná plynná biopaliva, rostlinné oleje a jejich deriváty, bioethanol a jiné chemické produkty) (Wasiak 2019).

#### **Pevná biopaliva**

Nejtypičtějším a nejstarším typem tuhého biopaliva je palivové dříví. Nyní však ve své čisté formě a ve velkém měřítku se téměř nepoužívají. Nejpoužívanějším pevným typem biopaliv byly pelety získané z pilin nebo kůry, slámy, olivových semen, skořápek ořechů nebo slupek slunečnicových semen. Pelety jsou také vyrobeny z hnoje skotu (Wasiak 2019).

Pelety nahrazují uhlí, palivové dříví a motorovou naftu. Při spalování nevydávají škodlivé látky a prakticky nekouří, na rozdíl od uhlí a nafty. Navíc jsou energeticky účinnější než běžné palivové dříví a mají minimální obsah popela, což snižuje potřebu údržby kamen a kotlů. Srovnání cen ukazuje, že pelety mají nižší cenu než jiné druhy biopaliv (Rodionova et al. 2017).

#### **Plynná biopaliva**

Plynná biopaliva se nachází v plynném stavu, při nichž jsou přepravována, uskladňována a zpracována pro energetické využití (Hromádko 2009).

Bioplyn je plyn složený převážně z metanu a oxidu uhličitého v různých poměrech v závislosti na složení organické hmoty, ze které byl odvozen. Hlavními zdroji bioplynu jsou živočišný a zemědělský odpad, odpadní voda a organické látky z domácího odpadu. Bioplyn je tvořen procesy biologického rozkladu bez přístupu kyslíku (anaerobní digesce) (Černocho 2008).

Biohydrát je analog běžného vodíku, který se získává z biomasy. Termochemickým způsobem je ohřev suroviny bez přístupu kyslíku na vysoké teploty, jako je odpad ze dřeva, při kterém se uvolňuje vodík a další plynné plyny. Při biochemickém způsobu výroby



biohydrogenu se do biomasy přidávají speciální mikroorganismy, které se rozkládají uvolňováním vodíku (Wasiak 2019).

Dřevoplyn skládající se z oxidu uhelnatého a vodíku vyráběný zplyňováním biomasy. Vodík vyrobený štěpením jakéhokoliv uhlovodíkového biopaliva (Černoch 2008).

### **Kapalná biopaliva**

Kapalná biopaliva se vyskytují za normálních podmínek v kapalném stavu. Zhotovená z biologicky rozložitelného dílku odpadu, nebo z biomasy. Běžně se třídí do několika skupin:

- Alkoholová biopaliva (bioethanol, biomethanol, butanol). Používá se do benzinových motorů (Růžička 2010).

Bioethanol - nejoblíbenější a nejhmotnější kapalné biopalivo. Bioethanol- ethanol, který je vyráběný z rostlin obsahujících větší množství škrobu a sacharidů. Nejčastěji se vyrábí z kukuřice, obilí, brambor, cukrové třtiny a cukrové řepy (Růžička 2010).

Biomethanol - methanol vyrobený z biomasy. Vyznačuje se toxicitou a jeho produkce není příliš ekonomická (Hromádko 2009).

Biobutanol je čtyřuhlíkový alkohol, který také patří k biopalivům. Vyrábí se ze stejné suroviny jako ethanol, je ttoxický. Výhody biobutanolu oproti bioethanolu jsou, že biobutanol není smíchán s vodou, má vyšší energetický obsah a nižší tlak par, což znamená nižší těkavost v důsledku odpařování (Rodionova et al. 2017).

- Biooleje (rostlinný olej, použité oleje, bionafta)

Bionafta je druhým nejoblíbenějším kapalným biopalivem. Bionafta se vyrábí hlavně z olejnatých rostlin, jako je sója nebo olejová palma, a v menší míře z jiných olejových produktů, jako je odpad z kulinářského tuku po smažení. Bionafta se používá u dieselových motorů a obvykle se mísí s ropnou naftou v různých poměrech (Hromádko 2009).

- Zkapalněná plynná biopaliva (bioplyn, dřevoplyn)

Tyto látky se pomocí Fisher-Tropschovy syntézy přeměňují na kapalně uhlovodíky. Výhodou je, že k výrobě dřevoplynu lze použít celou plodinu, což zvyšuje energetický výnos a není nutné pěstovat neekologické monokultury (Černoch 2008).

- Odpadní produkty

Nyní inženýři aktivně vyvíjejí novou generaci kapalných biopaliv získaných pomocí řas. Řasy se pěstují ve velkých bazénech nebo na farmách, přeměňují sluneční světlo na energii a ukládají je jako olej. Olej se extrahuje mechanicky (lisováním biomasy) nebo chemickými rozpouštědly, která ničí buněčné stěny. Další recyklace a čištění poskytuje biopaliva vhodná pro použití jako alternativa k tradičním palivům (Hromádko 2009).

### **3.5.5 Dělení biopaliv podle generací**

Na základě druhu biomasy se biopaliva dělí do generací. V současnosti se nejčastěji v literatuře setkáváme s rozdělením do tří generací, někdy je uváděna i čtvrtá generace biopaliv.

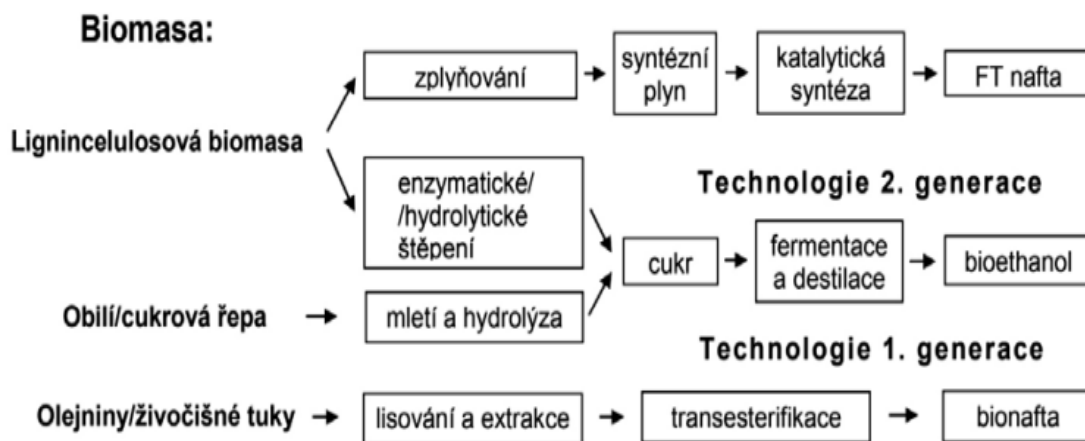
### **3.5.6 Biopaliva první generace**

V současnosti jsou biopaliva nejrozšířenějším typem paliv nejen v EU, ale po celém světě. Jejich přínos však dlouhodobě vyvolává kontroverze, především v souvislosti s jejich

potenciálně negativními dopady na udržitelnost, zejména snižování skleníkových plynů, což je jedním z hlavních cílů EU (Pachauri & Meyer 2014).

Surovinou pro výrobu biopaliv první generace je zemská biomasa, např. řepka olejná, cukrová třtina, kukuřice, soja a další plodiny, které mohou být využity i jako potraviny. Tyto způsoby výroby biopaliv jsou vizuálně zobrazeny na obrázku č. 6 (Hromádko 2012).

Mezi biopaliva první generace patří methylester řepkového oleje, bioethanol z produktů obsahujících cukr nebo škrob, bioETBE z bioethanolu a isobutanolem, rostlinný olej a bionafta. Tyto paliva jsou rostlinného původu, ale používají se i jako potravinářské plodiny (IEA 2018).



Obrázek č. 6 Způsoby výroby jednotlivých druhů biopaliv s vyznačením technologie biopaliv první a druhé generace

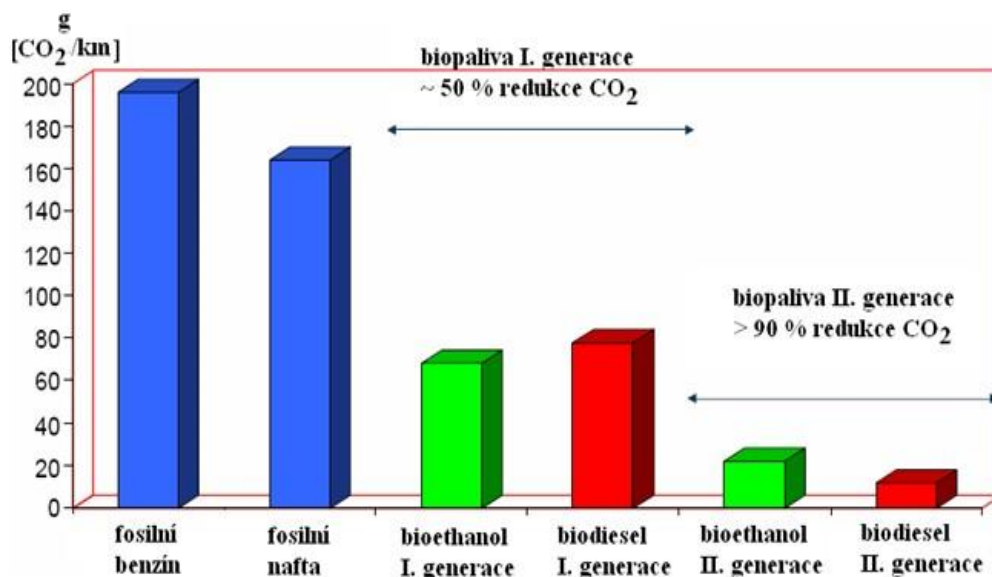
Zdroj: Hromádko et al. 2009

Nízká výnosnost energetických plodin, jako je řepka, vyžaduje velké zemědělské plochy, což tlačí na cenu půdy a potravin a vede k monokulturám a narušení biodiverzity. Tyto plodiny způsobují ztrátu biodiverzity, vysokou kyselost půdy a zvýšené používání umělých hnojiv a pesticidů. Jejich výroba a zpracování vedou k emisím skleníkových plynů, ale nedávno byly v biomase zachyceny, takže proces může být opakován bez rizika kumulativního znečištění spojeného s fosilními palivy (Hromádko et al. 2010). Analýza celého životního cyklu ukazuje, že biopaliva první generace mají horší energetickou bilanci než fosilní paliva. Navzdory nejednoznačným závěrům o udržitelnosti biopaliv se EU rozhodla je podporovat, což v současnosti pomáhá České republice splnit unijní cíl minimálního podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Podpora konvenčních biopaliv však postupně klesá a nahrazují je biopaliva druhé a třetí generace (Loužek 2008).

### 3.5.7 Biopaliva druhé generace

Biopaliva druhé generace se od biopaliv první generace odlišují svým vlivem na životní prostředí a především druhem biomasy, která slouží jako surovina pro jejich výrobu. Tyto biopaliva jsou vyráběna z nepotravinářské lignocelulosové biomasy, jako je lesní biomasa včetně těžebních zbytků, zemědělského odpadu (slámy, zbytků z kukuřice a řepy), energetických rostlin (čiroku, štovíku) nebo biologického odpadu z domácností. Je možná i výroba z odpadních živočišných tuků. Biopaliva druhé generace mají výrazně vyšší účinnost přeměny a vyšší technologickou náročnost. Jsou také velmi účinná ve snižování emisí CO<sub>2</sub>,

až o 90 % oproti fosilním palivům. Potenciál ve snížení emisí oxidu uhličitého biopalivy první a druhé generace je znázorněn na obrázku č. 7 (Hromádko et al. 2009).



Obrázek č. 7 Potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> biopalivy I a II generace

Zdroj: Hromádko et al 2009

Hlavními metodami energetického využití biopaliv jsou aerobní fermentace a anaerobní digesce (Ekoporadny 2008).

Energetické plodiny druhé generace mají transformační potenciál na biopaliva výrazně vyšší, než je u první generace. Technologický proces je složitější a náročnější než fermentační výroba etanolu či esterifikace olejů. Konverzní poměr je obvykle 5:1 (z 5 tun biomasy lze vyrobit 1 tunu biopaliva) (Wasiak 2019).

Biopaliva druhé generace se používají jako náhrada benzínu a nafty v automobilovém průmyslu a mohou být také využity v leteckém průmyslu a energetickém sektoru. Tyto biopaliva jsou důležitým krokem k udržitelnému rozvoji a řešení klimatických změn (Hromádko et al. 2009). V budoucnosti mohou biopaliva II generace významně přispět k redukci emisí skleníkových plynů a ke zlepšení životního prostředí. Je důležité podporovat další výzkum a vývoj v této oblasti, aby bylo možné plně využít jejich potenciál. Nasazení druhé generace do komerčního provozu lze očekávat až během následujících deseti let.

Mezi biopaliva druhé generace řadíme bioethanol, který se vyrábí z lignocelulosové biomasy, syntetickou motorovou naftu, která je produktem Fischerovy-Tropschovy syntézy, biomethanol, biodimethyleter a biovodík, které jsou produktem katalytické konverze syntézního plynu (Jenčík et al. 2021). V současné době se postupně začínají uplatňovat bioethanol a syntetická motorová nafta, zatímco ostatní produkty jsou ve stádiu výzkumu a vývoje.

Benzínové motory jsou považovány za nejvhodnější pro použití bioetanolu, který se vyrábí z lignocelulózy, jako jsou sláma z kukuřice a obilovin, piliny a papír. Výchozí suroviny pro výrobu bioethanolu jsou znázorněny na obrázku č. 8. Tyto zdroje jsou zdrojem odpadů a nejsou používány jako potraviny, což znamená nízké až nulové vstupní náklady. Technologie výroby bioetanolu z lignocelulózy je náročná a složitá, vyžaduje vysoké vstupní

investice. Z komplexního odpadního materiálu, který se skládá z pevně propojených částic celulózy, je nutné získat jednoduché fermentované cukry pomocí hydrolýzy (Hromádko et al. 2009). Maximálně 300 litrů bioethanolu lze získat z jedné tuny odpadní lignocelulózy (Vitvar 2013).



Obrázek č. 8 Výchozí suroviny pro výrobu bioethanolu

Zdroj: Hamelinck 2005

V případě naftového paliva druhé generace se očekává největší potenciál od syntetické nafty vyráběné Fischer-Tropschovou syntézou, která byla vyvinuta ve 30. letech minulého století v Německu. Tato výrobní metoda počítá s výrobou syntetického plynu zplyňováním biomasy získané z energeticky bohatých zemědělských odpadních produktů. Je to složitý proces, který zahrnuje několik fází a vedle výsledného produktu, kapalného biopaliva, produkuje také značné množství odpadní vodní páry, které mohou být transformovány na elektrickou energii parními turbínami. Živočišné tuky, získávané zejména z vepřových nebo hovězích odpadů, mohou také být využity pro výrobu naftových paliv. Tyto tuky obsahují vyšší podíl potřebných mastných kyselin než rostlinné oleje a proces jejich zpracování zahrnuje sušení, odstranění nepotřebných látek vysokou teplotou a tlakem, sterilizaci, ochlazení a destilaci za sníženého tlaku. Výsledným produktem je bionafta zvaná AFME (animal fats methyl ester) (Fischer & Tropsch 1926).

Je třeba nahlížet na potenciál energetických rostlin s velkou rezervou, stejně jako na biopaliva první generace, kvůli nárokům na využití půdy. Biopaliva druhé generace mají slibný výhled tam, kde je k dispozici stabilní zdroj biologicky rozložitelného a energeticky využitelného odpadu, jako je lesní (štěpka), zemědělský nebo domácí odpad. Očekává se, že klesne množství lesního odpadu v důsledku kůrovcové kalamity, ale spotřeba bioodpadu poroste v případě účinného systému sběru a poplatků (Víšek & Pokorný 2013).

Výroba biometanu má pro český stát strategický význam, jelikož se tak může vyhnout nákladům a vysokým investicím do plynové infrastruktury v souvislosti s přechodem na obnovitelné plyny. Biometan totiž má stejné vlastnosti jako zemní plyn a může být vtačován do současné plynové infrastruktury, jako v případě první bioplynové stanice v Česku, EFG Rapotín. Vláda počítá s podporou biometanu formou zeleného bonusu v navržené novelě zákona o podporovaných zdrojích energie (Víšek & Pokorný 2013).

Směr vývoje motorových paliv není snadné předpovědět. Je zapotřebí významných počátečních investic kvůli náročnému výrobnímu procesu. Existuje mnoho možných řešení a až budoucnost ukáže, která cesta je nejlepší.

### **3.5.8 Biopaliva třetí generace**

Biopaliva třetí generace jsou alternativou ke fosilním palivům a jsou získávána z mikrořas. Tyto jednobuněčné rostliny se snadno množí a produkují velké množství suroviny na výrobu biopaliv. Mikrořasy lze pěstovat na místech, kde jiné plodiny neprospívají, a tak nekonkurují s produkcí potravin. Růst řas vyžaduje jen vodu, světlo, oxid uhličitý a živné prostředí. Je možné je pěstovat v malých umělých rybnících nebo uzavřených bioreaktorech. Oleje, které se během růstu řas hromadí, mají strukturu podobnou ropě. Růst řas také zlepšuje životní prostředí tím, že spotřebovává oxid uhličitý a nasává kyslík. Při zpracování řas vzniká více paliva než z jiných plodin, jako jsou palmový olej, cukrová třtina, kukuřice nebo sója (Mata et al. 2010).

Výroba biopaliv třetí generace je účinná a ekologická. Tyto biopaliva produkují stejné množství energie jako fosilní paliva, ale s nižšími emisemi skleníkových plynů. Navíc, mikrořasy lze pěstovat i tam, kde není dostatek vody a slunečního světla, a stále získat dostatek suroviny na výrobu biopaliv (Behera et al. 2015).

V současnosti se intenzivně věnuje pozornost výzkumu a vývoji biopaliv třetí generace, aby se zlepšila jejich efektivita a snížily se náklady na výrobu. Tyto biopaliva mohou nahradit fosilní paliva v automobilovém, leteckém a energetickém průmyslu (Brennan 2010).

V budoucnu mohou biopaliva třetí generace významně přispět ke snížení emisí skleníkových plynů a k ochraně životního prostředí. Je nutné podporovat další výzkum a vývoj v této oblasti, aby bylo možné plně využít jejich potenciálu.

### **3.5.9 Biopaliva čtvrté generace**

Nejnovějším úspěchem ve výrobě biopaliv je biopalivo 4. generace. Při výrobě se používají speciální živé mikroorganismy, jako bakterie a houby, které produkují biopaliva díky fotosyntetickým buňkám. Tyto mikroorganismy potřebují oxid uhličitý k udržení své životně důležité činnosti (Gavrilescu & Chisti 2005).

Výroba biopaliv 4. generace je efektivní a udržitelná, protože se mohou pěstovat na odpadních materiálech, jako rostlinný a živočišný odpad, a tím se snižuje nutnost pěstování plodin jen pro účely výroby paliv. Tyto biopaliva také produkují méně emisí skleníkových plynů než fosilní paliva a lze je vyrábět v malých měřítcích, což umožňuje jejich decentralizovanou výrobu (Gavrilescu & Chisti 2005).

Vývoj v oblasti alternativní energetiky, jako je výroba biopaliv 4. generace, by mohl snížit spotřebu přírodních organických zdrojů na minimum a posunout lidstvo do nové produktivní větve energeticky účinného rozvoje.

### 3.5.10 Metody a možnosti výroby biopaliv druhé generace

Biopaliva druhé generace založená na odpadních surovinách, jako jsou rostlinné oleje a tuky, se stávají stále populárnějšími alternativami ke konvenčním palivům z fosilních zdrojů. Existuje několik metod výroby biopaliv druhé generace z odpadních surovin, zahrnující transesterifikaci, hydrotreating a pyrolýzu (Bohatý & Hájek 2018).

Existuje mnoho biologicky odvozených surovin, které mohou být přeměněny na tekutá paliva. Nejjednodušší z těchto metod je transesterifikace, která se používá k přeměně olejů a tuků na biodiesel. Většina komerční výroby biodieselu vychází z rostlinných olejů, ale existuje také výroba z loje, použitého oleje a rybiho oleje (González-García et al. 2019).

Transesterifikace - proces výroby biopaliv druhé generace z odpadních surovin na bázi rostlinných olejů, což znamená reakci tuků s alkoholy za přítomnosti katalyzátoru. Tímto procesem vzniká methylester (FAME) nebo ethylester (FAEE), které se poté používají jako biopaliva. Transesterifikace je proces, při kterém se rostlinné oleje nebo tuky reagují s alkoholy (např. methanol, ethanol) za přítomnosti katalyzátoru, což vede ke vzniku methyl nebo ethyl esterů, známých jako biodiesel. Tento proces je jednoduchý a levný, ale vyžaduje čisté suroviny a může být ovlivněn obsahem vody v surovinách (Cukrová & Novotný 2016).

Hydrotreating je proces, při kterém se rostlinné oleje nebo tuky podrobují hydrotřídění, což znamená reakci s vodíkem a katalyzátorem za vysokého tlaku a teploty. Tento proces snižuje obsah síry a dusíku a zlepšuje stabilitu a výkon biopaliva (Kellner et al. 2015).

Pyrolýza je proces, při kterém se surovina rozkládá za vysoké teploty bez přítomnosti kyslíku a vytváří se tekuté palivo, známé jako pyrolytický olej, a další vedlejší produkty, jako jsou plyny a uhlík. Tyto produkty mohou být dále využity jako biopaliva. Tento proces může být energeticky náročný, ale může být efektivní pro zpracování různých druhů surovin (Bohatý & Hájek 2018).

Fermentace je jednou z metod využívaných k výrobě biopaliv druhé generace. Tato metoda využívá mikroorganismů k rozkladu organických materiálů a vytváření biopaliv. Při fermentaci se tuky a oleje rozkládají na glycerol a mastné kyseliny, které jsou následně zkvašeny na etanol nebo bioplyn (Bohatý & Hájek 2018).

Enzymatická hydrolýza je proces, při kterém jsou tuky rozloženy na mastné kyseliny a glycerol enzymy. Tento proces se provádí pomocí enzymů, jako jsou lipázy, které rozkládají tuky na mastné kyseliny a glycerol. Po enzymatické hydrolýze se mastné kyseliny používají k výrobě biodieselu (Cukrová & Novotný 2016).

Enzymatická hydrolýza a transesterifikace jsou dvě z nejčastějších metod výroby biopaliv druhé generace z odpadních surovin na bázi rostlinných olejů a tuků. Tyto procesy jsou udržitelné a šetrné k životnímu prostředí a pomáhají snižovat množství odpadu v potravinářském průmyslu (Kellner et al. 2015).

Výroba biopaliv druhé generace z odpadních surovin nabízí řešení pro snížení závislosti na fosilních palivech a zároveň umožňuje využít odpadní suroviny, které by jinak končily na skládkách. To má pozitivní vliv na životní prostředí, snižuje emise skleníkových plynů a omezuje využívání zemědělských plodin pro výrobu biopaliv první generace. Navíc, využití odpadních surovin umožňuje snížit objem odpadu a zlepšit životní prostředí. Je však důležité mít na paměti, že výroba biopaliv druhé generace musí být prováděna takovým způsobem, který minimalizuje negativní dopad na životní prostředí a zdraví člověka (Cukrová & Novotný 2016).

Je nutné zajistit správnou manipulaci s odpadními surovinami a minimalizovat emise skleníkových plynů a jiných škodlivin v průběhu výroby a používání biopaliv. Používání biopaliv druhé generace z odpadních surovin nabízí mnoho výhod a může být klíčem ke snížení závislosti na fosilních palivech a ochraně životního prostředí.

### **3.5.11 Výhody a nevýhody používání biopaliv.**

Biopaliva se používají převážně v domácnostech. Z 80 % všech spotřebovaných biopaliv se používá pro vytápění domu. V průmyslu se používá 18 % biopaliv jako zdroj energie a maziv. Biopaliva se často uvádějí jako alternativu k benzínu pro automobily, ale v dopravním průmyslu se momentálně používají pouze ve 2 % případů (NREL 2019).

#### **Výhody biopaliv:**

1. **Obnovitelnost zdroje:** Fosilní paliva jsou vyčerpaným zdrojem energie, který nakonec vyčerpá. Protože se biopalivo vyrábí z rostlinných látek, je teoreticky obnovitelný.
2. **Snížení negativních dopadů na životní prostředí:** Při spalování biopaliv klesá množství oxidu uhličitého o 65 %, což snižuje příspěvek průmyslu k změně klimatu. Navíc bioethanol a bionafta obsahují menší koncentrace chemikálií, jako je chlor a síra, a tak pomáhají snižovat emise těchto znečišťujících látek do atmosféry.
3. **Ekonomická bezpečnost:** Biopaliva mohou být vyráběna na místě a vytvářet pracovní příležitosti v regionu, kde budou spotřebována, což snižuje náklady na dopravu a emise. Kromě toho vlastní výroba biopaliv snižuje závislost země na dodávkách ropy ze zahraničí.
4. **Životnost motoru:** Protože biopaliva obsahují méně nečistot než tradiční paliva, motory budou méně znečištěny a budou méně často selhávat (Singh et al. 2016).

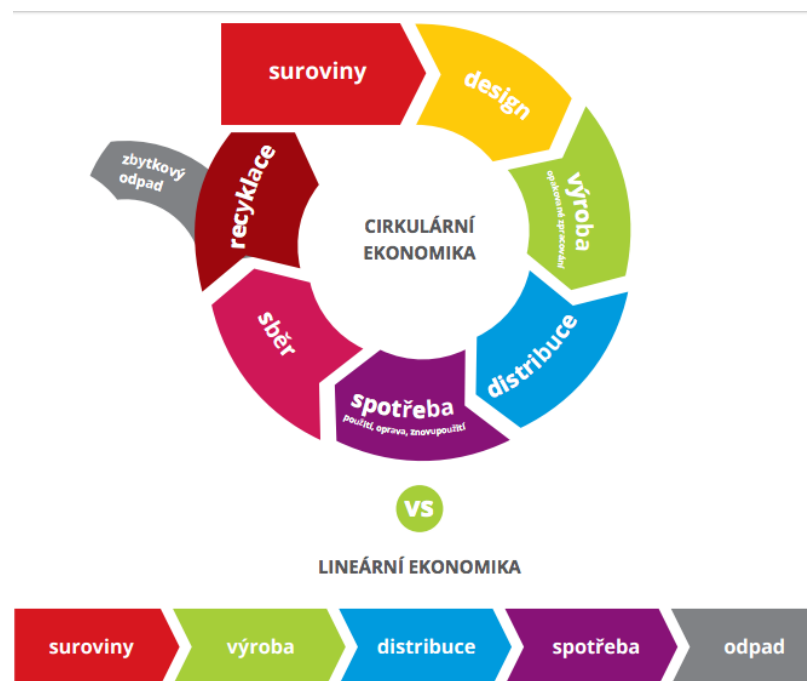
#### **Nevýhody biopaliv:**

1. **Ztráta lesů:** Výroba biopaliv vyžaduje rozsáhlé plochy pro pěstování surovin, což může vést k masivnímu odlesňování.
2. **Potravinová krize:** Výroba biopaliv může ovlivňovat ekonomiku týkající se cen a dostupnosti potravin, jelikož orná půda bude určena pro plodiny na výrobu biopaliv namísto pro potraviny.
3. **Degradace půdy:** Pěstování monokultur může vést ke vyčerpání půdy a růstu škůdců, což vyžaduje použití pesticidů, což má za následek snížení úrodnosti půdy a ztrátu biologické rozmanitosti.
4. **Využití zdrojů:** Množství energie vyrobené biopalivy je podstatně menší než množství energie získané ze spalování fosilních paliv, takže pro uspokojení energetických potřeb stejného počtu lidí je zapotřebí více půdy, vody a hnojiv.
5. **Energetické náklady:** Při posuzování ekonomických přínosů biopaliv je třeba zohlednit energii potřebnou k jejich výrobě. Například výroba ethanolu z kukuřice využívá fosilní paliva při výrobě hnojiv, přepravě kukuřice a destilaci ethanolu, což poskytuje poměrně malý energetický zisk (Singh et al. 2016).

## 4 Cirkulární ekonomika

Evropský parlament definuje cirkulární ekonomiku jako systémový přístup k ekonomickému rozvoji, který upřednostňuje zachování zdrojů, snížení odpadu a vytváření nových obchodních příležitostí. Tento přístup je založen na principech uzavřeného systému, kde jsou zdroje udržovány v provozu co nejdéle, odpad je minimalizován a snižován a ekonomický růst je dosažen použitím recyklovaných materiálů a dodavatelských řetězců s uzavřenými smyčkami (Evropský parlament a Rada 2014).

Koncept cirkulární ekonomiky vznikl jako reakce na současnou lineární povahu materiálových toků. Cirkulární ekonomika je model hospodářského rozvoje, který upřednostňuje zachování zdrojů a snížení odpadu (Kirchherr et al. 2017), jak je vidět na vizuálním zobrazení na obrázku č. 9. Funguje na principu, že odpad by měl být považován za zdroj a že zdroje by měly být udržovány v provozu co nejdéle. To kontrastuje s tradičním lineárním modelem spotřeby, kde jsou zdroje vytěženy, zpracovány, použity a nakonec vyřazeny jako odpad (INCIEN 2018).



Obrázek č. 9 Cirkulární vs. lineární ekonomika

Zdroj: Incien 2018

Cirkulární ekonomika se zaměřuje na udržitelný a efektivní využití zdrojů, snižování odpadu a zlepšování environmentálních podmínek. Tyto principy se dají aplikovat na produkci biopaliv, kde se využívá rostlinného materiálu jako zdroje energie (Lindstrom 2022).

Někteří odborníci pokládají koncept cirkulární ekonomiky za jedinou cestu k naplnění cílů udržitelného rozvoje, kterým v zásadě jde o uspokojení základních potřeb současných i budoucích generací se zachováním přirozené funkce ekosystému. Cirkulárně ekonomický přístup je v současné době součástí politiky Evropské unie, která trvalou udržitelnost podporuje (Lindstrom 2022).



## 4.1 Technické aspekty pro aplikace biopaliv

Technický aspekt oběhového hospodářství zahrnuje návrh a implementaci produktů, procesů a systémů, které podporují účinné využívání zdrojů a snižování odpadu. Technické aspekty v kontextu biopaliv zahrnují navrhování procesů a systémů, které maximalizují využití zdrojů, minimalizují plýtvání a podporují účinné využívání zdrojů. Například použití toků odpadu jako suroviny pro výrobu biopaliv, jako je zemědělský a lesnický odpad, potravinový odpad nebo průmyslový odpad, může pomoci snížit poptávku po panenských zdrojích a minimalizovat odpad vznikající během výrobního procesu. Kromě toho může použití udržitelných a účinných výrobních metod, jako jsou ty, které šetří vodu a energii, pomoci dále snížit dopad výroby biopaliv na životní prostředí (Kumar et al. 2019).

Z technického hlediska, biopaliva jsou vyráběna z rostlinných odpadů, jako jsou sláma, kukuřičná siláž, listy a kůra, které by jinak byly vyhozeny. Tyto suroviny jsou fermentovány a přeměněny na biometan nebo biethylenový alkohol, který může být následně použit jako palivo pro dopravu nebo pro výrobu elektřiny. Odpadní produkty z jiných průmyslových odvětví mohou být využity jako suroviny pro výrobu biopaliv, což pomáhá snižovat náklady a zlepšovat účinnost využití surovin (Karmakar et al. 2021).

Jednou z klíčových výhod využívání toků odpadu jako suroviny pro výrobu biopaliv je to, že pomáhá snižovat poptávku po původních zdrojích, minimalizovat odpad a snižovat dopad výroby biopaliv na životní prostředí. Kromě toho může použití udržitelných a účinných výrobních metod dále snížit dopad výroby biopaliv na životní prostředí, čímž je z dlouhodobého hlediska učiní ekonomicky životaschopnějšími a udržitelnějšími (INCIEN 2018).

## 4.2 Ekonomické aspekty pro aplikace biopaliv

Ekonomický aspekt oběhového hospodářství pro biopaliva se zaměřuje na vytváření nových obchodních příležitostí, pracovních míst a růstu pomocí recyklovaných materiálů a dodavatelských řetězců s uzavřenou smyčkou (Mehta et al. 2020).

Vytvořením dodavatelských řetězců s uzavřenou smyčkou mohou výrobci biopaliv snížit svou závislost na původních zdrojích a snížit své náklady, což vede ke zvýšení konkurenceschopnosti a růstu průmyslu. Využití toků odpadu jako suroviny může navíc vytvořit nové obchodní příležitosti pro společnosti zabývající se nakládáním s odpady a další organizace, které mohou tyto materiály shromažďovat a zpracovávat pro použití při výrobě biopaliv (European Commission 2018)

Z ekonomického hlediska, výroba biopaliv má řadu výhod. Jednou z nich je snížení závislosti na fosilních palivech, která je stále klesajícím zdrojem a jejich cena stále roste. Výroba biopaliv také podporuje lokální ekonomiku, protože suroviny pro jejich výrobu mohou být získávány z místních zdrojů. Navíc, oproti fosilním palivům, biopaliva neprodukují škodlivé emise, což je důležité pro ochranu životního prostředí (Mehta et al. 2020).

Cirkulární ekonomika a využití biopaliv jsou důležité pro udržitelný rozvoj a řešení environmentálních problémů. Je nutné podporovat další výzkum a rozvoj této oblasti, aby bylo možné dosáhnout co nejlepších výsledků a zajistit udržitelnou budoucnost pro příští generace. Další iniciativy a opatření, jako je využívání obnovitelné energie a snižování spotřeby energie, stále potřebují podporu, aby dosáhly nejlepšího možného výsledku pro naši planetu. Je důležité,

aby vlády, podniky a veřejnost spolupracovaly při implementaci cirkulární ekonomiky a využití biopaliv, aby bylo možné dosáhnout skutečného pokroku v této oblasti (Rostagno et al. 2020).

Nutné zdůraznit, že cirkulární ekonomika a využití biopaliv nejsou jediným řešením, ale jen jedním z mnoha kroků k udržitelnému rozvoji (Rostagno et al. 2020).

V závěru lze říci, že aplikace cirkulární ekonomiky na produkci biopaliv má významný ekologický i ekonomický dopad. Zvyšuje účinnost využití surovin a snižuje odpad, což přispívá k udržitelnosti životního prostředí a hospodářskému rozvoji.

## 5 Metodika diplomové práce

V této kapitole budou podrobně popsány metody a data použité v práci. Cílem práce je stanovit možnosti a metody výroby biopaliv 2. generace na bázi rostlinných olejů a tuků z odpadních surovin, navrhnout technologické zpracování v rafinérii a ekonomicky jej posoudit, a experimentálně vyhodnotit parametry získaného paliva a jeho směsí s fosilním palivem.

### 5.1 Příprava směsí

V laboratořích FAPPZ/ČZU v Praze na Katedře chemie byly připraveny směsi destilátu z Fischer-Tropschovy syntézy (označeného také FT100) s zimní motorovou naftou a směsí s HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) v různých objemových poměrech, které jsou uvedeny v textu a jsou vizuálně vidět na obrázku 10. Pro laboratorní zkoušky byla použita motorová nafta bez obsahu biosložky. Směsi byly následně testovány v rámci standardních metod dle ČSN EN 590. Cílem této práce bylo stanovit vliv FT destilačního řezu na parametry motorové nafty pomocí modelových směsí.

Pracovní označení připravených směsí je následující:

MN100: 100 % objemu motorové nafty;

FT10: 10 % obj. FT destilačního řezu 90 % obj. motorové nafty;

FT30: 30 % obj. FT destilačního řezu 70 % obj. motorové nafty;

FT50: 50 % obj. FT destilačního řezu a 50 % objemu motorové nafty;

FT80: 80 % obj. FT destilačního řezu 80 % obj. motorové nafty;

FT100: 100 % obj. FT destilačního řezu.



Obrázek č. 10 Přípravené vzorky motorové nafty, jejich směsí a FT destilačního řezu

Zdroj: vlastní

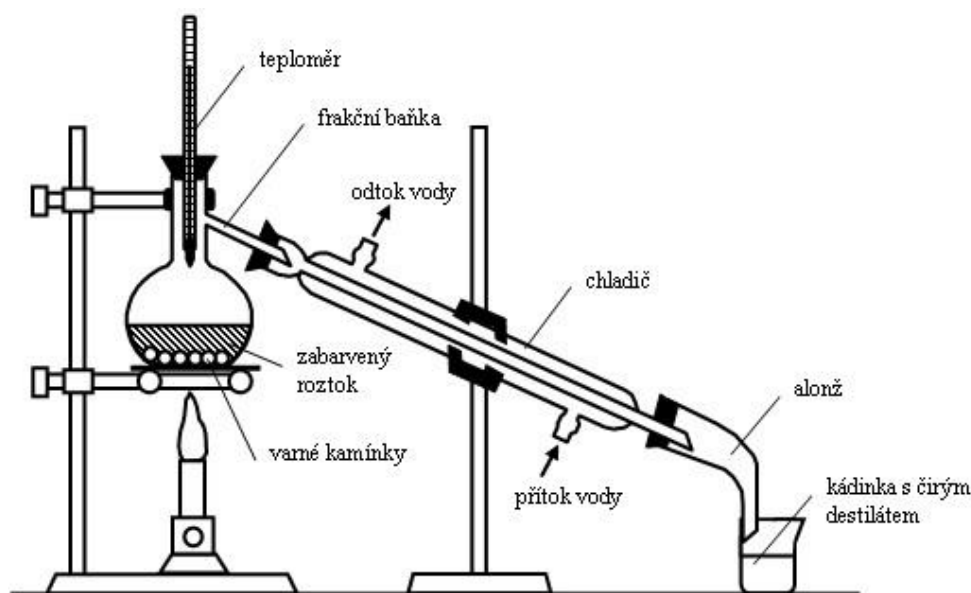
Naměřené hodnoty palivových parametrů směsí představují vždy průměrnou hodnotu ze tří měření. Následně byl vyhodnocen vliv FT destilačního řezu na parametry motorové nafty. Připravené modelové směsi motorové nafty byly testovány v rámci metod dle ČSN EN 590. Tyto metody zahrnují stanovení hustoty dle ČSN EN ISO 3675, kinematické viskozity při 40 °C dle ČSN EN ISO 3104, destilační zkoušku dle ČSN EN 3405, bod vzplanutí dle ČSN EN

ISO 27139, teplotu ztráty filtrovatelnosti (CFPP – Cold Filter Plugging Point) dle ČSN EN 116, cetanový index dle ČSN EN ISO 4264, mazivost motorových naft dle odpovídající normě ČSN EN 590 bez obsahu biosložky.

### 5.1.1 Destilační zkouška

Zkouška destilací patří mezi základní metody charakterizace kapalných paliv. Tato zkouška poskytuje informace o teplotách bodů varu a frakčním složení. Výsledkem je destilační křivka, která se zaznamenává jako tabulka nebo graf, na základě kterého lze určit typ paliva a zjistit, zda není kontaminováno cizorodými složkami. Tato zkouška také umožňuje odhadnout další parametry paliva, jako je hustota nebo bod vzplanutí (Plevová & Králík 2018).

Destilační zkouška se používá nejen na charakterizaci motorových paliv, ale také na charakterizaci jiných ropných produktů a meziproductů, jako jsou technické benzíny a rozpouštědla (Plevová & Králík 2018).



Obrázek č. 11 Sestavení destilační aparatury

Zdroj: Herchel 2011

Normou ČSN EN ISO 3405 se stanovuje laboratorní metoda pro stanovení destilační křivky ropných lehkých a středněvroucích paliv manuálně (obrázek č. 11) i pomocí automatického zařízení. Příprava ke zkoušce zahrnuje čištění destilačního zařízení, měření vzorku a přesunutí do frakční baňky s varným kamínkem. Po spojení s chladičem a zakrytí krytem se zahřejte kahanem a zaznamenávejte teplotu varu při každém odvodněném množství paliva (Plevová & Králík 2018).

Zkouška spočívá v rovnoměrném ohřevu 100 ml vzorku v destilační baňce a následné kondenzaci pár v trubici chladiče. Hodnoty objemu a teploty předdestilovaného kondenzátu se zaznamenávají s přesností na 0,5 ml a 0,5°C. Destilační test začíná, když začne ukapávat první kapka destilátu, a je nutné zaznamenat teplotu, která představuje první páru údajů. Destilační zkouška byla ukončena při dosažení teploty konce destilace, kdy se rtuťový sloupec teploměru zastaví a začne klesat po oddestilování 95 % vzorku (Plevová & Králík 2018).

### 5.1.2 Hustota

Hustota při 15 °C je jedna z fyzikálních veličin, které určují množství hmoty, které se nachází v daném objemu látky při dané teplotě. Pro měření hustoty motorových naft, bioplynů a jejich směsí se používají ponorné hustoměry (obrázek č. 12). Touto zkouškou se zabývá norma ČSN EN IS 3675 (Henry et al. 2018).



Obrázek č. 12 Hydrometr

Zdroj: Vincent Leermiddelen Scientific 2020

Ponorné hustoměry jsou skleněné trubice se stupnicí a rozšířením v baničce, která je vyplněna určitou hmotností. Pro měření se hustoměr ponoří do nádoby plné vytemperované kapaliny. Důležité je dodržet opatrnost při ponořování, aby nedošlo k rozbití skleněné baničky nebo k úniku rtuti z teploměru. Poté se počká, až se hladina ustálí, a na stupnici se odečte hustota. Aby byl výsledek přesnější, měření zopakujeme. Po měření je nutné ponorný hustoměr opláchnout, osušit a správně uložit (Henry et al. 2018).

Hustota bionafty je důležitým ukazatelem její kvality a vlastností, které ovlivňují její použití například jako paliva.

### 5.1.3 Bod vzplanutí

Norma ČSN EN ISO 2719 stanovuje jednotný postup, jak měřit bod vzplanutí, aby byly výsledky srovnatelné a spolehlivé. Bod vzplanutí je teplota, při které se daná látka nebo kapalina vznítí při styku s teplým zdrojem, jako je oheň (Sangeeta et al. 2014).

Pro stanovení bodu vzplanutí se používá Penskyho-Martensův kelímek, ve kterém se měří teplota kapaliny (obrázek č. 13).



Obrázek č. 13 Analyzátor bodu vzplanutí dle Pensky-Martense

Zdroj: Paar 2020

Postup spočívá v tom, že se kapalina nalije do kelímku a do ní se spustí teploměr. Po zahřívání se z povrchu kapaliny začnou odpařovat páry a jejich koncentrace se zvyšuje. V určitém bodě, kdy koncentrace par je dostatečně vysoká, dojde k vzplanutí. Teplota v okamžiku vzplanutí se zaznamená pomocí teploměru (Sangeeta et al. 2014).

Bod vzplanutí je důležitým faktorem pro posouzení bezpečnosti práce s danými látkami a pro stanovení požárního rizika. Některé látky mají nízký bod vzplanutí a jsou tudíž nebezpečnější, zatímco jiné mají vysoký bod vzplanutí a jsou bezpečnější (Sangeeta et al. 2014).

#### 5.1.4 Kinematická viskozita

Kinematická viskozita je fyzikální veličina určující, jak rychle se médium (např. kapalina, plyn) pohybuje pod vlivem tlaku, při pohybu skrz statický tlak. V praxi se často používá k určení kvality a viskozity tekutin, jako je například motorový olej. Kinematická viskozita se vyjadřuje jednotkou  $m^2/s$  a čím vyšší je její hodnota, tím větší je viskozita média. Zkouška je předepsaná dle ČSN EN ISO 3104 a měření se provádí při 40 °C.



Obrázek č. 14 Kalibrovaný Ubbelohdeho viskozimetr

Zdroj: Scientific 2018

Pro stanovení viskozity se používá Ubbelohdeho viskozimetr a měření se provádí v kapiláře (obrázek č. 14). Výsledek stanovení kinematické viskozity je dán součinem naměřené doby průtoku a kalibrační konstanty viskozimetru. Tento typ viskozimetru pracuje na principu kapilárního toku, při kterém tekutina protéká malým otvorem v nádobce a čas potřebný k protéknutí určitého množství tekutiny se měří. Tyto hodnoty se použijí k výpočtu kinematické viskozity tekutiny (Český normalizační institut 2000).

#### 5.1.5 Ztráta filtrovatelnosti CFPP

CFPP, což znamená Cold Filter Plugging Point, je hodnota, která určuje, jaká teplota je pro diesellové palivo kritická při nízkých teplotách. Tuto hodnotu nám udává, při jakých teplotách diesellové palivo není schopné projít filtrem a může tak způsobit problémy s motorem.

Aby se předešlo těmto problémům, je nutné, aby dieselové palivo splňovalo normy, jako je například ČSN EN 116, pro ztrátu filtrovatelnosti CFPP.



Obrázek č. 15 Filtrační zařízení Zdroj:

Labequip 2020

Pro měření CFPP se používá postup, při kterém se vzorek dieselového paliva ochlazuje a nasává pomocí pipety skrz drátěnou mřížku (obrázek č. 15). Pokud vzorek nemůže protéct zpět, zaznamená se teplota a ta se stane hodnotou CFPP. Tyto problémy s filtrováním vznikají v důsledku krystalů parafínů, které se v dieselovém palivu vyskytují při nízkých teplotách a blokují filtr. Proto je důležité, aby dieselové palivo dosahovalo požadovaných hodnot CFPP (European Committee for Standardization 2018).

### 5.1.6 Cetanový index

Cetanový index je jedním z ukazatelů kvality dieselového paliva. Jeho hodnota vyjadřuje průměrný počet vodíkových atomů v molekulách nafty a určuje rychlost hoření dieselového paliva. Vysoký cetanový index znamená lepší kvalitu paliva a méně problémů s motorem, zatímco nízký cetanový index může vést k horším spalovacím vlastnostem a snížení výkonu motoru (Vikash et al. 2014).

Měření cetanového indexu se provádí podle normy ČSN EN ISO 4264 a nahrazuje cetanové číslo, které je nákladné a časově náročné. Pro výpočet cetanového indexu se využívá hustota paliva při 15 °C a teplot, při kterých předestiluje určité procento objemu vzorku paliva. Tyto hodnoty se pak přepočítávají na standardní atmosférický tlak a výpočet se provádí podle přesné matematické rovnice (1):

$$CI = 45,2 + 0,0892 \cdot T_{10N} + (0,131 + 0,901B) \cdot T_{50N} + (0,0523 - 0,42B) \cdot T_{90N} + 0,00049 \cdot (T_{10N}^2 - T_{90N}^2) + 107B + 60B^2 \quad (1)$$

kde:

$$B = [e^{-0,0035D_N}] - 1;$$

$$D_N = d_{15} - 850; \text{ kde } d_{15} \text{ je hustota v [ g.cm}^{-3} \text{ při 15 } ^\circ\text{C}];$$

$T_{10N} = T_{10} - 215$  ; kde teplota  $T_{10}$  je teplota při které predestiluje 10 % obj. [°C];

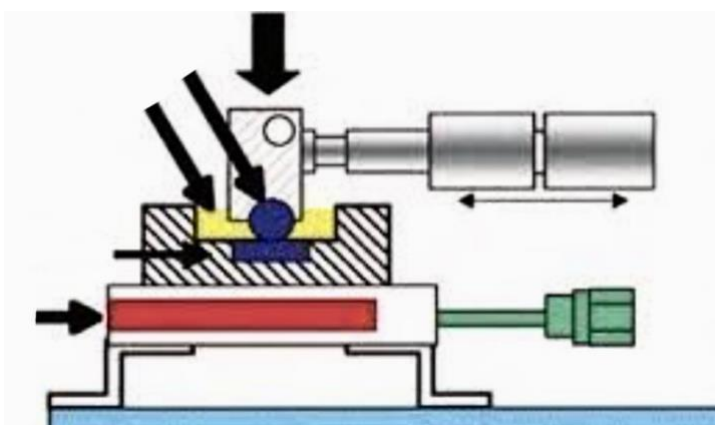
$T_{50N} = T_{50} - 260$  ; kde teplota  $T_{50}$  je teplota při které predestiluje 50 % obj. [°C];

$T_{90N} = T_{90} - 310$  ; kde teplota  $T_{90}$  je teplota při které predestiluje 90 % obj. [°C].

Výsledná hodnota cetanového indexu je důležitá pro zajištění kvality dieselového paliva a pro správné fungování motoru. Proto je nutné dodržovat požadované hodnoty cetanového indexu při výrobě a prodeji dieselového paliva (Vikash et al. 2014).

### 5.1.7 Mazivost naftového paliva

Mazivost je důležitou vlastností, která určuje, jak dobře mazivo snižuje tření a opotřebení materiálů v pohybu. V případě motorové nafty je mazivost ovlivněna obsahem síry. Pokud je obsah síry nízký, může to vést k problémům s palivovým čerpadlem a vstříkovači, i když je životní prostředí více chráněno. Proto se do nafty přidávají aditiva, která zlepšují mazivost (Müller et al. 2016).



Obrázek č. 16 Zařízení HFRR pro stanovení mazivosti

Zdroj: Třebický 2017

Mazivost je významná pro vstříkovače a palivová čerpadla vznětových motorů, jejichž nové konstrukce vyžadují vysokou mazivost paliva. Podmínky pro testování mazivosti jsou stanoveny v normě ČSN EN ISO12156-1. Při testu je vzorek zkoušené nafty umístěn v testovací nádrži udržované na stanovené teplotě, vizuálně zobrazeno na obrázku č. 16. V nádobě se pohybuje ocelová kulička oscilačním pohybem o dané frekvenci a délce zdvihu. Opotřebená plocha kuličky se přepočítává na hodnotu odpovídající běžným podmínkám prostřednictvím specifikovaných parametrů, jako jsou teplota a vlhkost. Tato opravená hodnota slouží jako měřítko mazivosti paliva (Müller et al. 2016).



## 6 Výsledky měření

Výsledky těchto měření jsou klíčové pro výrobu a použití biopaliv a směsí s motorovou naftou, protože umožňují určit, zda splňují požadované normy a standardy, a také umožňují porovnávat je s jinými typy paliv. Tyto informace jsou také důležité pro vývoj nových technologií pro výrobu a použití biopaliv.

Tabulka č. 2 Souhrn naměřených hodnot

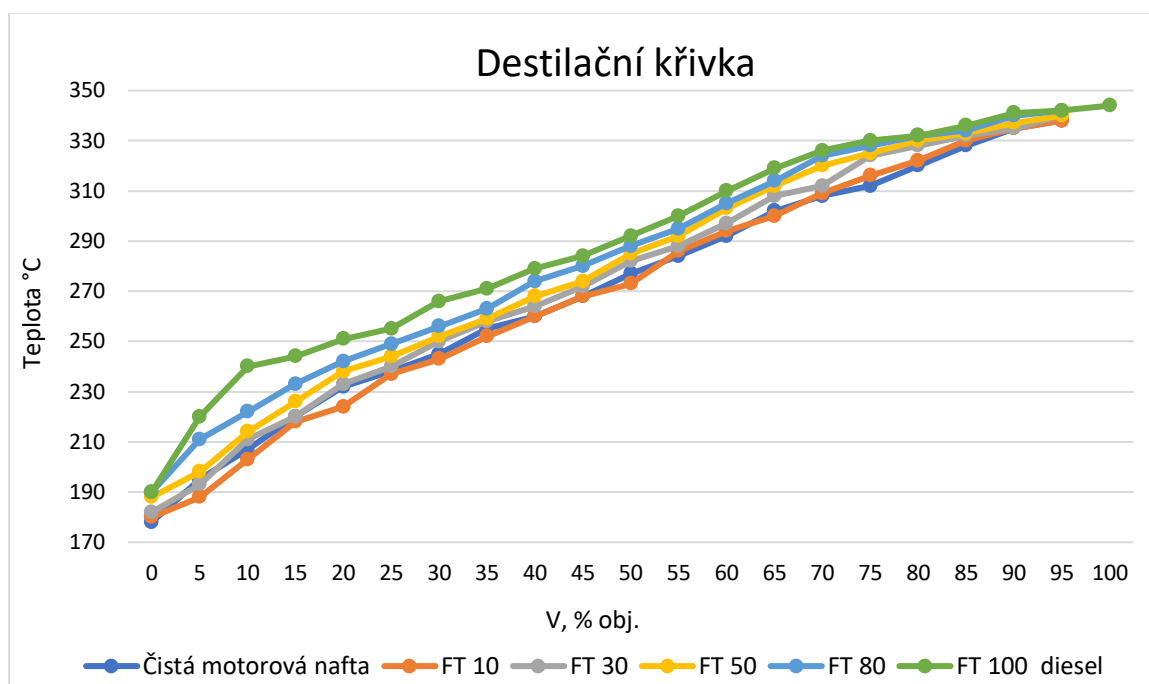
Destilační křivka (°C)											
Směs	Čistá motorová nafta	Fischer–Tropsch 100 %obj.					Nafta + HVO				
ozn.	MN 100 %obj.	FT10	FT30	FT50	FT 80	FT 100 diesel	90% Nafta 10% HVO	70% Nafta 30% HVO	50% Nafta 50% HVO	20% Nafta 80% HVO	HVO 100%
0	178	180	182	188	190	190		0	0	0	0
5	195	188	193	198	211	220	181	184	188	200	222
10	207	203	211	214	222	240	192	200	208	227	253
15	220	218	220	226	233	244	206	208	214	243	266
20	232	224	233	238	242	251	211	215	221	251	270
25	238	237	240	244	249	255	219	221	233	259	272
30	245	243	250	252	256	266	226	230	240	263	273
35	255	252	258	259	263	271	232	240	246	270	274
40	260	260	264	268	274	279	240	248	256	273	275
45	268	268	272	274	280	284	246	252	262	275	277
50	277	273	282	285	288	292	250	260	268	277	278
55	284	286	288	292	295	300	255	267	270	278	279
60	292	294	297	303	305	310	263	272	276	279	280
65	302	300	308	312	314	319	270	277	277	281	282
70	308	309	312	320	324	326	276	284	281	283	283
75	312	316	324	325	328	330	282	289	287	285	284
80	320	322	328	330	332	332	290	296	291	288	286
85	328	330	332	333	334	336	295	304	298	292	288
90	335	335	335	337	340	341	303	313	309	296	291
95	338	338	340	340	342	342	310	324	332	303	296
<b>Dest. zbytek % obj.</b>											
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,21	0,22	0,2
<b>Hustota r [ při 15 °C, kg.m3-1 ]</b>											
	830	831	833	835	837	840	823	815	806	795	782
<b>Kinematická viskozita</b>											
	3,27	3,2	3	2,9	2,5	2,1	3,32	3,41	3,53	3,72	4
<b>Bod vzplanutí</b>											
	60	62	65	68	72	77	63	68	75	84	98,5
<b>Cetanový index [-]</b>											
	56,2	56	57	58	59	61,3	62,1	67,9	75,1	83,3	91
<b>CFPP (°C)</b>											
	-28	-23	-19	-16	-13	-9	-28	-29	-30	-32	-34

Zdroj: vlastní

V tabulce č. 2 je shrnutí naměřených hodnot z jednotlivých zkoušek podle normy ČSN EN 590 „Motorová paliva – Motorové nafty. Technické požadavky a metody zkoušení“, které jsou zdrojem informací v této práci.

## 6.1 Destilační křivka

Cílem této praktické části bylo zjistit spojitost mezi objemem destilátu a teplotou a vytvořit destilační křivku na základě získaných dat. Na obrázku č. 17 je znázorněn průběh destilačních křivek motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsi. Na vodorovné ose x je zobrazeno procento předdestilovaného objemu a na svislé ose y jsou teploty destilace v stupních Celsia. Každá směs je zobrazena svou vlastní barvou v legendě grafu.

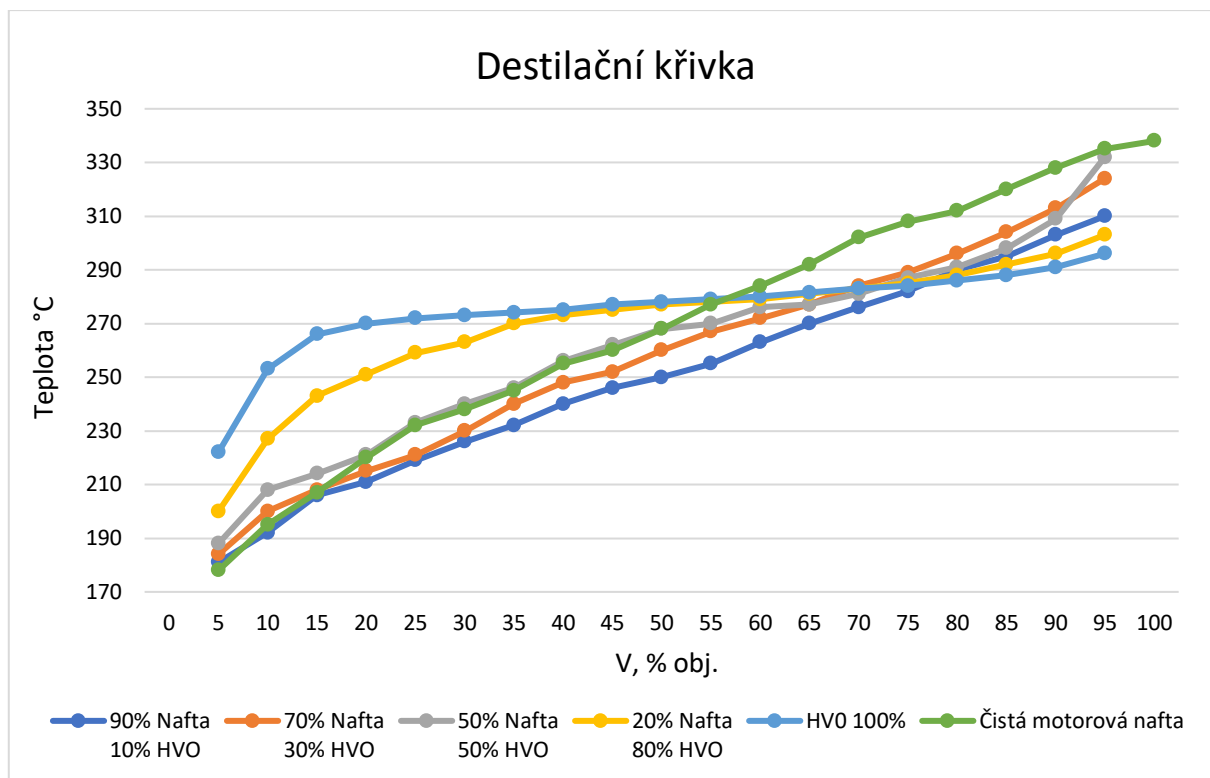


Obrázek č. 17 Destilační křivka čisté motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí

Zdroj: vlastní

Na obrázku č. 17 jsou zaznamenány hodnoty destilace vzorků, které ukazují, že křivky destilace čisté motorové nafty a FT10 jsou nižší než u ostatních vzorků. Čím vyšší je podíl Fischer-Tropsch syntézy ve vzorku, tím vyšší je jeho křivka na grafu. Křivka destilace FT100 dieselového vzorku má odlišný tvar, začíná a končí v jiných bodech než ostatní křivky. Tato křivka je charakterizována prudkým nárůstem teploty a dosažením maximální hodnoty v bodě odpovídajícím 100 objemovým procentům, přičemž konečná hodnota je vyšší než u ostatních křivek. Křivky čisté motorové nafty, F10, F30, F50 a FT80 mají podobný tvar a úhel sklonu a jsou téměř lineárně závislé na datových bodech, liší se pouze velikostí hodnot destilace.

Obrázek č. 17 ukazuje, že přidání destilační sekce FT významně neovlivňuje začátek destilace nafty a že hodnoty odpovídají maximálně normě 360 °C. Tato experimentální metoda potvrzuje absenci nízkovroucích uhlovodíků, což znamená, že pohyblivé součásti palivového systému nebudou poškozeny. Pokud jsou nízkovroucí uhlovodíky přítomny, může to způsobit zhoršení mazacích vlastností paliva. Přidání FT destilačního řezu vede ke většímu zakřivení destilační křivky.

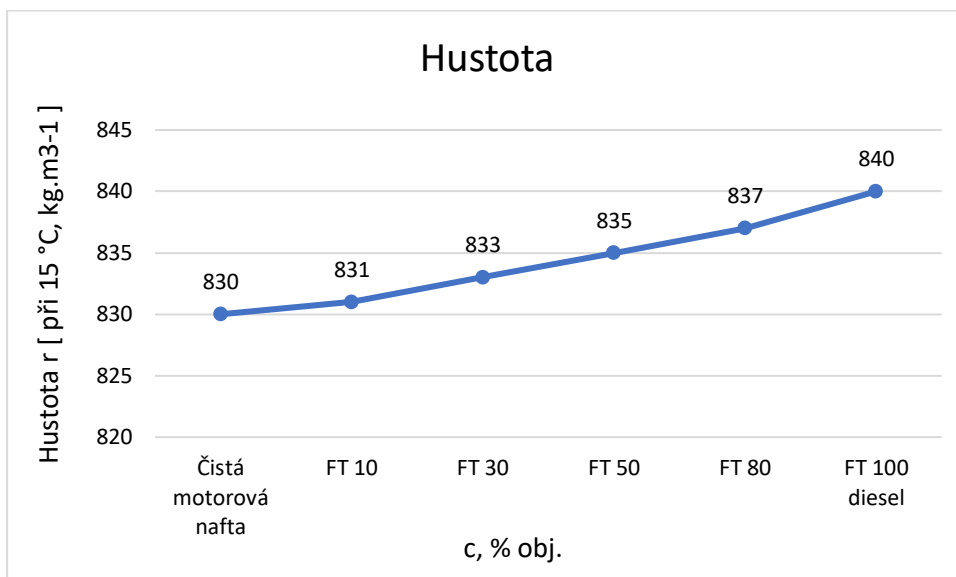


Obrázek č. 18 Destilační křivka čisté motorové nafty a směsí HVO  
Zdroj: vlastní

Na obrázku č. 18 jsou zobrazeny výsledné hodnoty destilace nafty a pěti vzorků směsí HVO. Destilační křivka 80% a 100% HVO se liší od ostatních křivek svým tvarem a začíná výše na ose teploty a končí níže než ostatní křivky. Ostatní křivky mají podobný tvar a úhel sklonu, začínají a končí ve stejném místě a liší se pouze velikostí hodnot destilace a bodem, kde skončí destilace. Destilační křivka hydrogenovaného rostlinného oleje splňuje normu ČSN EN 590 s maximální hodnotou 360 °C.

## 6.2 Hustota

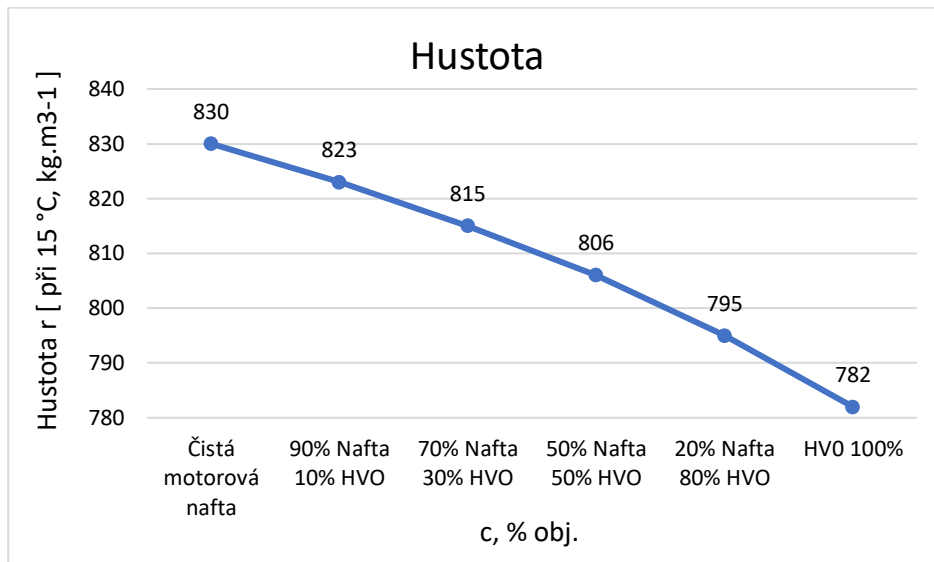
Na obrázku č. 19 je graf, který ukazuje, jak se mění hustota vzorku v závislosti na množství FT. Čistá motorová nafta má předepsanou hustotu 0,830 kg/m<sup>3</sup> podle normy ČSN EN 590. Hodnoty hustoty vzorků FT10, FT30, FT50, FT80 a FT100 ukazují, že s nárůstem objemového podílu FT se zvyšuje i hustota vzorku. Tyto typy paliva mají hustoty v rozmezí 831,0-840,0 kg/m<sup>3</sup>, což odpovídá normě (s rozsahem 820,0-845,0 kg/m<sup>3</sup>).



Obrázek č. 19 Hustota motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí

Zdroj: vlastní

Graf na obrázku č. 20 ukazuje, jak se mění hustota vzorku v závislosti na množství nafty, HVO a jejich směsí. Hodnoty hustoty vzorku ukazují, že hustota vzorku klesá se zvýšením objemového podílu hydrogenovaného rostlinného oleje.



Obrázek č. 20 Hustota nafty a směsí HVO

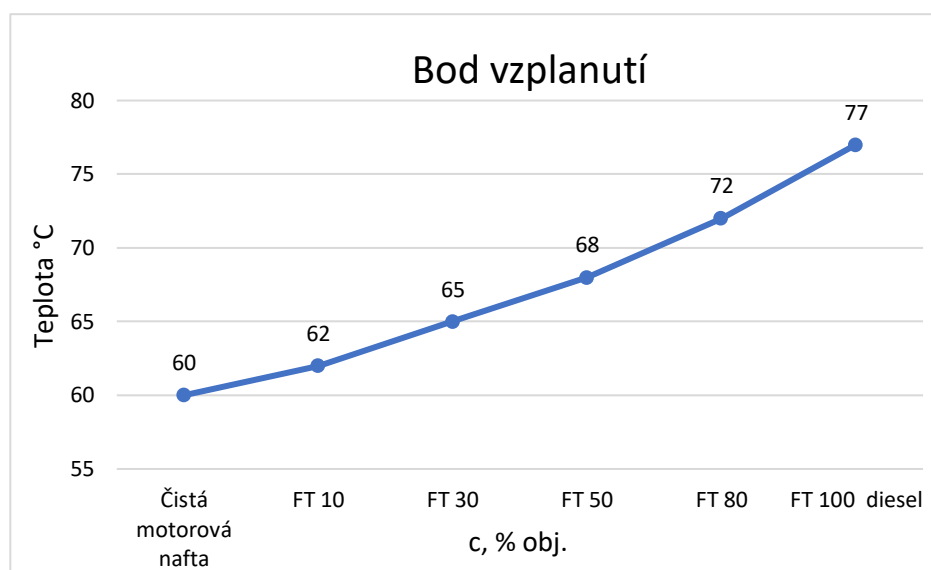
Zdroj: vlastní

Tyto vzorky mají hustoty v rozmezí 0,782-0,823 kg/m<sup>3</sup>, což neodpovídá normě. Pro hustotu motorové nafty podle normy ČSN EN 590 jsou stanoveny minimální a maximální hodnoty v rozmezí 820 až 845 kg/m<sup>3</sup> při 15 °C. Hustota hydrogenovaného rostlinného oleje je nižší než norma, což znamená, že se vyrábí s menším množstvím oleje, než je obvyklé a může

mít nižší energetickou hodnotu. To může vést ke snížení výkonu motoru, protože palivo nedokáže vytvořit tolik energie jako palivo s vyšší hustotou.

### 6.3 Bod vzplanutí

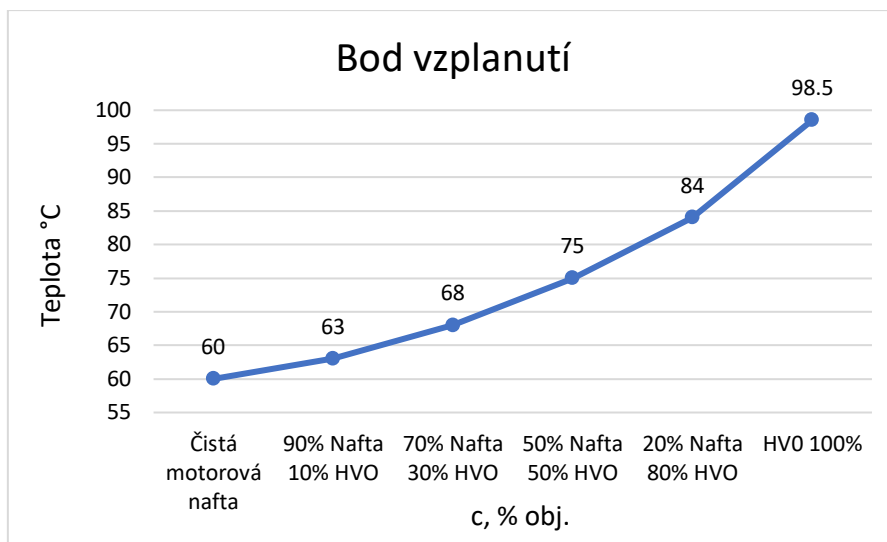
Na obrázku č. 21 ukazuje vztah mezi bodem vzplanutí paliva a množstvím FT (Fisher-Tropsch) ve složení. Podle normy ČSN EN 590 musí motorová nafta mít bod vzplanutí nad 55 °C, zkušební vzorky mají bod vzplanutí nad 60 °C. Nejvyšší hodnota na grafu je 77 °C a odpovídá vzorku FT100, zatímco ostatní hodnoty na grafu ukazují postupné zvyšování bodu vzplanutí v závislosti na obsahu směsi Fisher-Tropsch. Vzorky odpovídají normě, což znamená, že palivo má bod vzplanutí v souladu s předepsanými standardy a je bezpečné pro použití.



Obrázek č. 21 Body vzplanutí motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí

Zdroj: vlastní

Graf na obrázku č. 22 ukazuje, jak se mění bod vzplanutí paliva v závislosti na množství nafty, HVO a směsí těchto látek. Všechny vzorky na grafu mají bod vzplanutí nad 60 °C, což znamená, že splňují normu. Nejvyšší hodnota na grafu je 98,5 °C a odpovídá vzorku HVO100. Hodnoty na grafu ukazují, že s rostoucím množstvím HVO v palivu roste i bod vzplanutí.

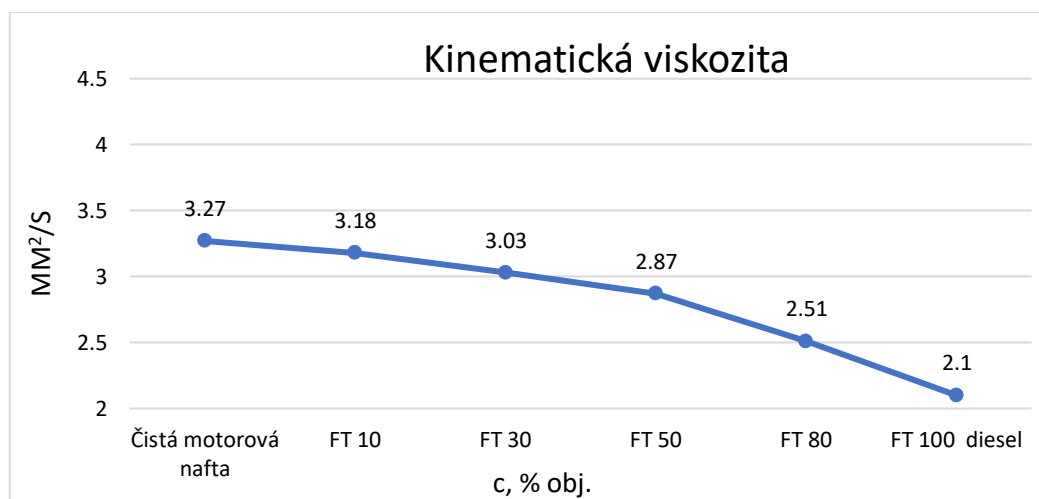


Obrázek č. 22 Body vzplanutí nafty a směsí HVO

Zdroj: vlastní

## 6.4 Kinematická viskozita

Na obrázku č. 23 je graf který ukazuje, jak se mění kinematická viskozita v závislosti na objemovém podílu přísady FT ve vzorku. Norma ČSN EN 590 požaduje, aby se kinematická viskozita motorové nafty pohybovala v rozmezí 2,00 - 4,50 mm<sup>2</sup>/s. Hodnota testovaného vzorku motorové nafty je 3,27 mm<sup>2</sup>/s, což odpovídá přijaté normě. Stejně tak i hodnoty vzorků FT 10, FT 30, FT 50, FT 80 a FT 100 splňují požadavky normy, což znamená, že jsou vhodné pro správné mazání a chod motoru.

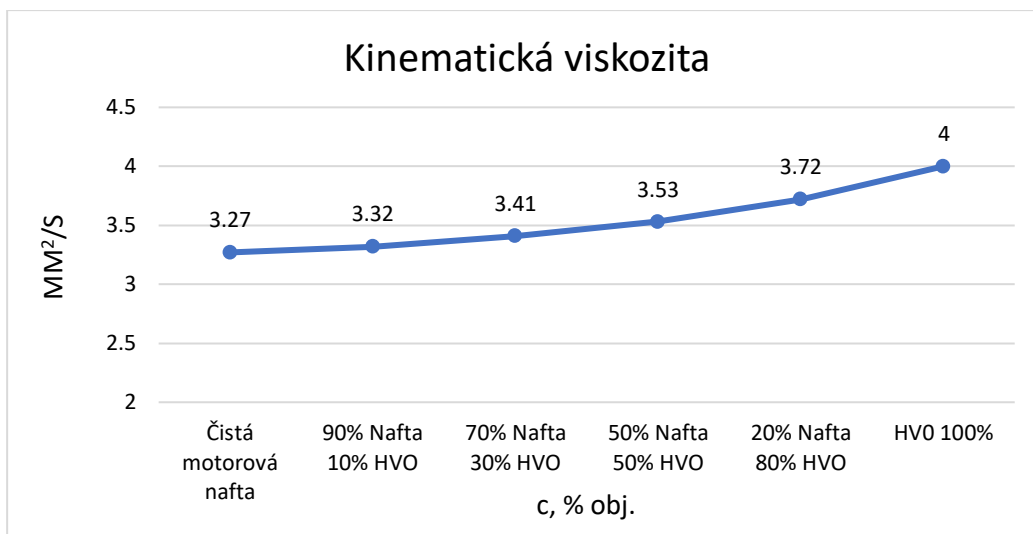


Obrázek č. 23 Kinematická viskozita motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí

Zdroj: vlastní

Graf na obrázku č. 24 ukazuje, jak se mění kinematická viskozita v závislosti na objemovém podílu přísady nafty, HVO a jejich směsí. Hodnoty viskozity vzorků se nacházejí v přijatelném rozmezí pro správné mazání a chod motoru a tudíž splňují požadavky na kvalitu

dle normy ČSN EN 590 (2,00 - 4,50 mm<sup>2</sup>/s). Správná viskozita je důležitá pro zajištění dostatečného mazání součástí motoru a snížení opotřebení.

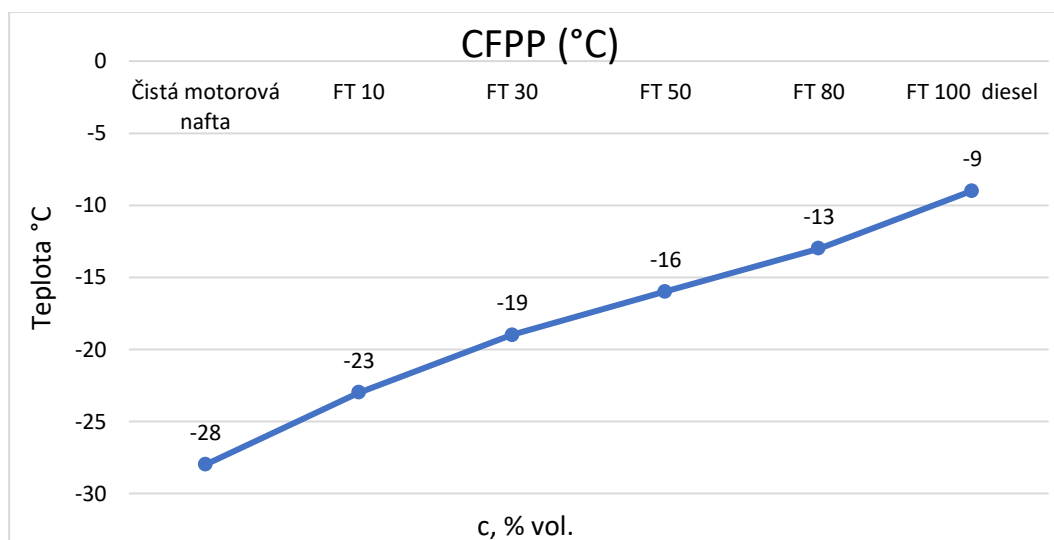


Obrázek č. 24 Kinematická viskozita nafty a směsí HVO

Zdroj: vlastní

## 6.5 CFPP

Přidávání FT destilačního řezu do motorové nafty může mít negativní vliv na CFPP. Norma ČSN EN 590 určuje maximální teplotu pro letní motorovou naftu na úrovni 0 °C, pro přechodovou naftu na úrovni -10 °C a pro zimní motorovou naftu třídy F na úrovni -20 °C, přičemž jejich hodnoty se liší.

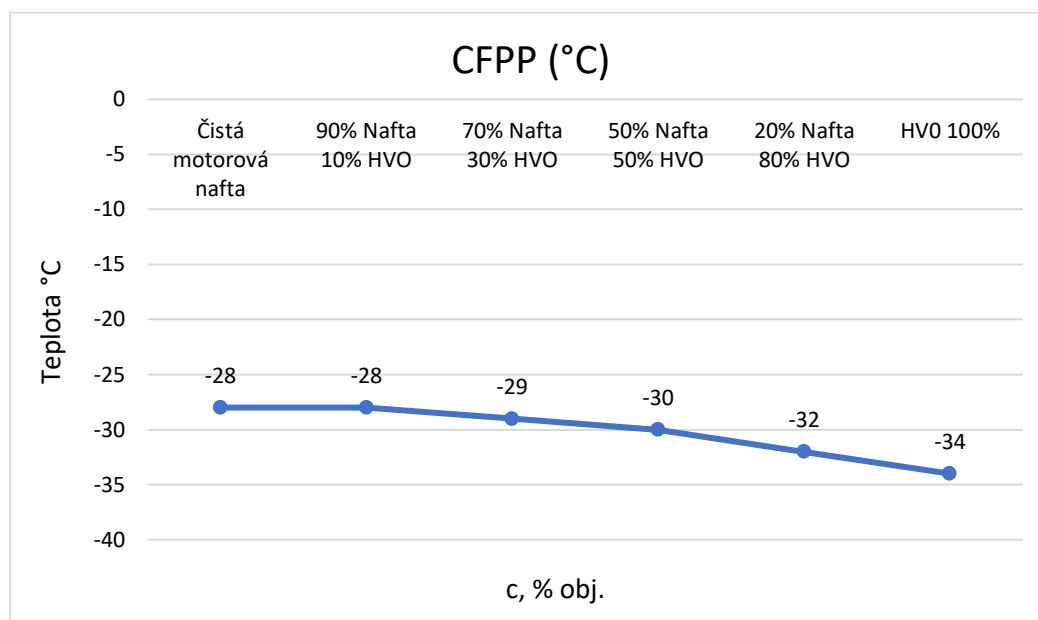


Obrázek č. 25 CFPP čisté motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí

Zdroj: vlastní

Obrázek č. 25 ukazuje, jak množství FT destilačního řezu ovlivňuje nízkoteplotní vlastnosti paliva. Vzorek s hodnotou FT100 je v souladu s normou a dosahuje nejvyšší hodnoty teploty pro přechodovou naftu, třída D s teplotou -9 °C což odpovídá normě. Nejnižší hodnota

CFPP  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  odpovídá motorové naftě (zimní motorová nafta), což znamená, že obsahuje látky zvyšující její mrazuvzdornost. Přidání FT destilačního řezu do motorové nafty nepříznivě ovlivňuje její nízkoteplotní vlastnosti, což je patrné z hodnot, které přesahují stanovený limit dle normy. Vzorky, které splňují požadavky na teplotu ztráty filtrovatelnosti CFPP, jsou schopny zůstat tekuté i při nízkých teplotách, což je pro použití motorové nafty v různých podmínkách klíčové.



Obrázek č. 26 CFPP nafty a směsí HVO

Zdroj: vlastní

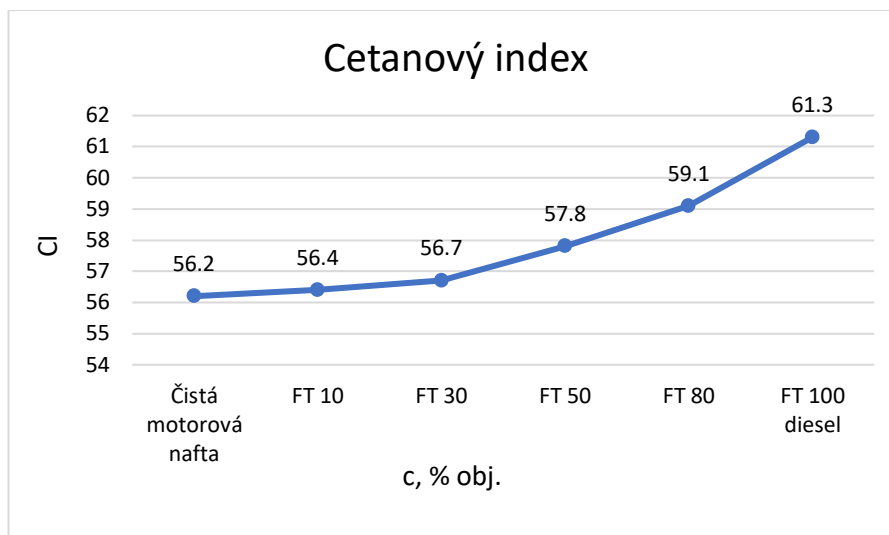
Na obrázku č. 26 je znázorněna závislost teploty ztráty filtrovatelnosti vzorku na množství nafty, HVO a jejich směsí. CFPP vzorku klesá s rostoucím objemovým podílem hydrogenovaného rostlinného oleje. Tyto vzorky vykazují CFPP v rozmezí od  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což přesahují stanovený limit dle normy ČSN EN 590.

## 6.6 Cetanový index

Na obrázku 27 je grafické znázornění vztahu mezi cetanovým indexem a obsahem FT destilačního řezu. Cetanový index vzorku směsi FT10 byl změřen a dosáhl hodnoty 56,4, což je výrazně vyšší než minimální hodnota 46 stanovená v normě ČSN EN 590, a proto splňuje tuto normu. FT destilační řezy mají obecně vyšší cetanový index v porovnání s běžnou naftou, protože jsou vyrobeny z biomasy a mají vyšší obsah kyslíku. Tento kyslík v palivu zvyšuje jeho cetanové číslo a výsledně kvalitu paliva.

Vysoké cetanové číslo má pozitivní vliv na účinnost spalování, emise a chod motoru. Překročení normy pro cetanový index znamená, že palivo má vysokou kvalitu a může být vhodné pro náročné aplikace, jako jsou například letecké motory. Nicméně, překročení normy by mohlo vést k zbytečným nákladům na výrobu, což by se mohlo projevit v ceně paliva pro zákazníka a mělo by se tedy zvažovat z hlediska ekonomické efektivity.

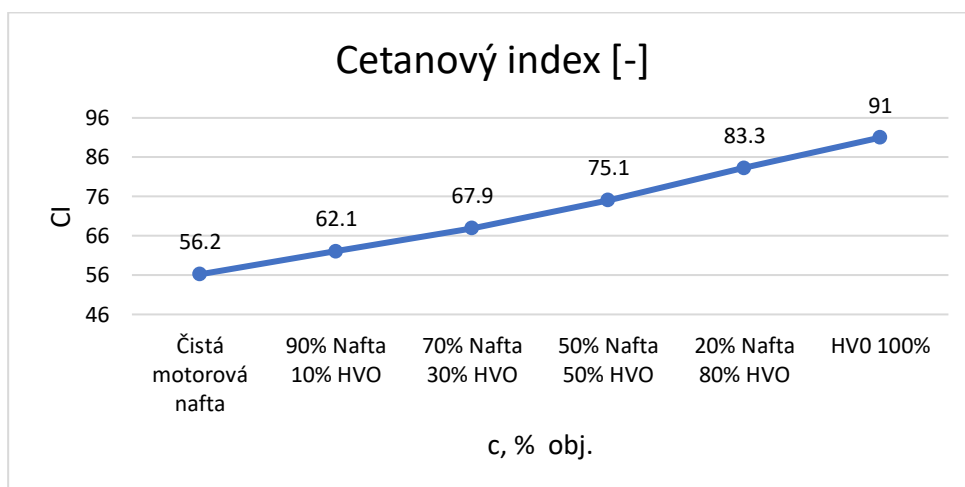




Obrázek č. 27 Cetanový index čisté motorové nafty a směsí HVO

Zdroj: vlastní

Na obrázku 28 je zobrazen průběh změn cetanového indexu s rostoucím podílem HVO v připravených vzorcích. Vzorky nafty a směsí HVO mají vyšší cetanové číslo než je minimální hodnota požadovaná normou ČSN EN 590, která činí 46. To znamená, že palivo splňuje normu a má vysokou kvalitu, což jej činí vhodným pro náročné aplikace.

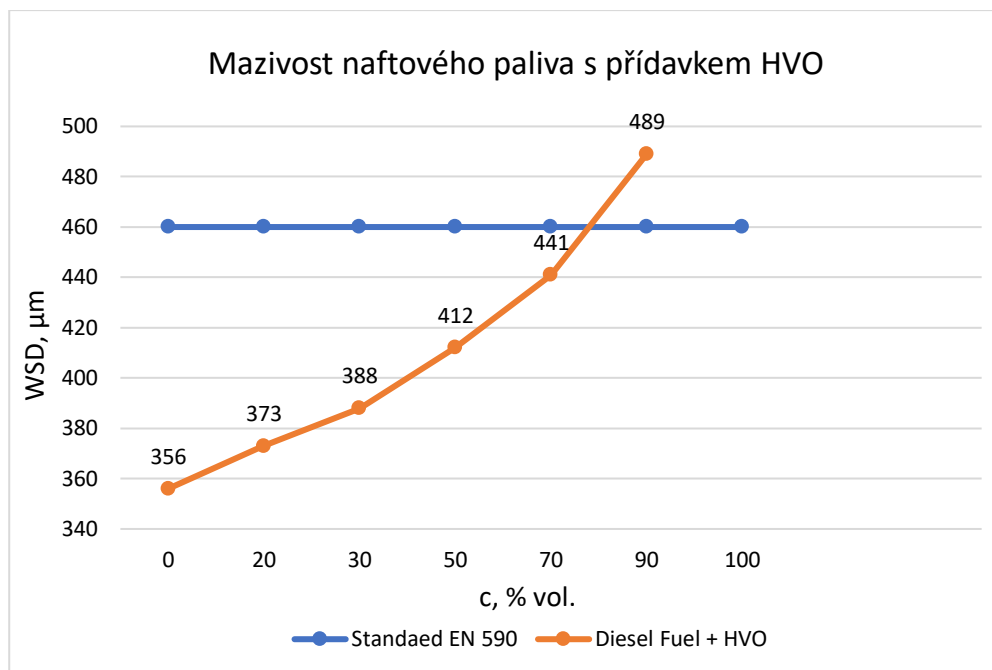


Obrázek č. 28 Cetanový index nafty a směsí HVO

Zdroj: vlastní

## 6.7 Mazivost naftového paliva s přidavkem HVO

Na ose y je zobrazena mazivost (WSD - průměr opotřebení) v  $\mu\text{m}$ . Vzhledem k tomu, že HVO má velmi nízkou úroveň mazivosti, může být přidán maximálně do 80 % objemu. Pokud je koncentrace přidání vyšší než 80 %, směs paliva již nespĺňuje normu EN – vizuálně zobrazeno na obrázku č. 29. To může vést k uzavření palivového systému stroje.



Obrázek č. 29 Mazivost naftového paliva s přidavkem HVO

Zdroj: vlastní

Použití uhlovodíkového paliva bez aromatických sloučenin má za následek nižší mazivost tohoto paliva. Aby bylo možné splnit požadavky normy EN 12156-1 (při 60 °C < 460 μm), je nutné přidat mazací přísady do hydrotrovaných olejů, které jsou obvykle používány jako bezsírové zimní motorové naftové palivo nebo OIL. Běžná maziva používaná pro naftu s podobnou dávkou lze použít k tomuto účelu. Avšak, pokud se toto palivo používá v vyšších koncentracích, je nutné provést další testy pro ověření jeho mazivosti (Zeman et al. 2019)

Hydrotrované oleje mohou být dodávány s mazacími přísadami pro použití samostatně nebo jako přidavek do jiných směsí. Obvykle se ale například HVO dodává bez mazacích přísad, pokud má být použito jako součást směsi. V každém případě je důležité, aby byla mazivost výsledného paliva pečlivě sledována a kontrolována.

## 6.8 Ekonomické posouzení

V této podkapitole se zaměřujeme na ekonomické posouzení výroby biopaliv druhé generace, konkrétně FT (Fischer-Tropsch) biopaliv z biomasy. Podle odhadů se přibližná výrobní cena tohoto biopaliva pohybuje kolem 1,10 €/l.

V porovnání s fosilní naftou jsou výrobní náklady na FT biopaliva poměrně vysoké. Pro představu, výrobní náklady na standardní fosilní naftu v České republice zjistíme odečtením daní a marží čerpacích stanic a rafinerií. Pokud máme například cenu motorové nafty 35,04 Kč/l, pak po odečtení daní a marží vycházejí výrobní náklady na naftu na 16,83 Kč/l (Výrobní náklady na FT100 2023).

V porovnání s těmito náklady jsou výrobní náklady na FT biopaliva stále o 10,31 Kč/l vyšší. Bez legislativního zvýhodnění tak nemůže být FT biopalivo konkurenceschopné s fosilními palivy (Cenový vývoj motorových paliv 2023).

Vzhledem k nekonkurenceschopnosti ceny je tedy možné FT biopalivo používat pouze jako aditivum v maximálním množství, které vyhovuje normám. S tím však souvisí mírný nárůst ceny za litr, ale v poměru k celkové ceně paliva není tak významný jako u 100% syntetického paliva.

FT100 není rentabilní a nejvíce konkurenceschopné je FT10, protože cenový rozdíl oproti běžné motorové naftě je nejmenší. Výrobní náklady na FT100 se pohybují kolem 1,10 €/l (26,66 Kč/litr podle kurzu ke dni 14.4.23), zatímco u běžné motorové nafty se cena pohybuje kolem 16,83 Kč/l (cena nafty ke dni 14.4.23 činila 35,04 Kč/l, z toho daně celkem 14,53 Kč a marže ČS 2,45 Kč a marže rafinerií 1,23 Kč) (Výrobní náklady na FT100 2023)

Pokud budeme vycházet z toho, že náklady na motorovou naftu jsou 16,83 Kč/l, pak cena s 10% složkou biopaliva vzroste na 17,71 Kč/l. Výpočet výrobních nákladů na FT biopalivo s použitím 100 ml vypadá následovně:  $16,83 * 0,9 + 26,66 * 0,1 = 17,71$  Kč/l

FT a HVO paliva jsou dražší než konvenční motorové nafty, protože vyžadují složitější technologie a vyšší výrobní náklady. Nicméně mají výhodu v nižších emisích a udržitelnosti, protože jsou často vyrobeny z obnovitelných surovin. HVO je flexibilnější v zásobování surovinami, ale může být dražší, pokud není místní infrastruktura pro jeho distribuci a prodej. Biopaliva druhé generace stále potřebují legislativní zvýhodnění a další podporu, aby byla konkurenceschopná s fosilními palivy.

## 7 Diskuze

První část této kapitoly stručně popisuje současnou situaci v oblasti výroby a vlastností biopaliv druhé generace. Druhá část se věnuje porovnání získaných výsledků s normami a dostupnou vědeckou literaturou. V závěrečné třetí části kapitoly jsou na základě získaných dat potvrzeny hypotézy stanovené na začátku této práce.

Výroba a vlastnosti biopaliv druhé generace jsou významným tématem pro současnou společnost, která se snaží snižovat svou závislost na fosilních palivech a zlepšovat životní prostředí. Tato práce se zaměřila na výrobu biopaliv druhé generace, jako jsou celulózové etanolové paliva a paliva z tuků, a zkoumala jejich vlastnosti a možnosti použití.

Výsledky této práce ukazují, že výroba biopaliv druhé generace je možná pomocí různých technologií, jako je enzymatická hydrolyza a transesterifikace tuků. Tyto technologie jsou ekologičtější a udržitelnější než výroba biopaliv první generace, která používá rostlinné plodiny (Knothe et al. 2013).

Výroba biopaliv druhé generace nabízí mnoho výhod, jako jsou nižší emise skleníkových plynů a menší závislost na fosilních palivech. Jednou z důležitých vlastností biopaliv je jejich porovnatelnost s vlastnostmi motorové nafty. Z vědeckých článků Boro et al. (2022), Khan et al. (2022) a Carriquiry et al. (2011) vyplývá, že vlastnosti biopaliv druhé generace jsou velmi podobné nebo dokonce lepší než vlastnosti motorové nafty.

Vlastnosti biopaliv druhé generace, jako jsou oktanové číslo, hustota, kinematická viskozita, destilační zkouška, bod vzplanutí, CFPP, cetanový index a mazivost, jsou podobné nebo dokonce lepší než vlastnosti motorové nafty. To znamená, že biopaliva druhé generace mohou být efektivně použita jako alternativní paliva pro dopravní prostředky, včetně nákladních vozidel a letadel (Carriquiry et al. 2011).

Oktanové číslo je důležitou vlastností paliva, která ovlivňuje jeho výkon a účinnost. Podle vědeckého článku Swain et al. (2011) mají biopaliva druhé generace obvykle vyšší oktanové číslo než motorová nafta, což znamená, že mají výhodnější vlastnosti pro využití v moderních vysokotlakých spalovacích motorech. HVO a FT jsou dvě kategorie biopaliv druhé generace, které mají obvykle oktanové číslo v rozmezí 75-85, ale konkrétní hodnota závisí na složení a výrobním procesu daného paliva.

Další vlastností, která ovlivňuje kvalitu paliva, je hustota. Vědecká publikace Balat & Balat (2010) naznačuje, že hustota biopaliv druhé generace má výhodu v tom, že obvykle splňuje normu ČSN EN 590, což je norma pro motorové naftové palivo, a ovlivňuje tak kvalitu paliva. Rozmezí hustoty při 15 °C u motorové nafty podle normy 820-845 kg/m<sup>3</sup> a odpovídají tomuto rozmezí vzorky FT10,30,50,80 a FT100. Hustota vzorků nafty a směsí HVO se pohybuje v rozmezí 782-830 kg/m<sup>3</sup>, což neodpovídá normě.

Hustota HVO a motorové nafty se může lišit v závislosti na mnoha faktorech, jako je složení a výrobní proces daného paliva. Podle vědeckého článku Ojeda et al. (2010) obecně platí, že hydrogenace (proces přeměny rostlinných olejů na HVO) snižuje počet dvojných vazeb v molekulách oleje, což vede ke snížení hustoty. Proto je možné, že v některých případech může být hustota HVO nižší než u motorové nafty, avšak to záleží na mnoha faktorech výroby a složení.

Kinematická viskozita je také důležitým parametrem pro výkon motoru. Vědecký článek Basu et al. (2011) naznačuje, že biopaliva druhé generace mají obvykle nižší

kinematickou viskozitu než motorová nafta, což znamená, že se lépe rozptýlí v palivové směsi a mohou být efektivněji spalována. Kinematická viskozita vzorků FT10,30,50,80,100, motorové nafty a směsí HVO se pohybuje v rozmezí 2,10 - 4,00 mm<sup>2</sup>/s, což odpovídá normě ČSN EN 590. To znamená, že tyto vzorky splňují požadavky na kinematickou viskozitu stanovené touto normou pro diesellová paliva používaná v silniční dopravě. Tuto shodu lze považovat za pozitivní vzhledem k tomu, že diesellová paliva musí splňovat určité specifikace, aby byla zajištěna jejich bezpečnost a výkonost.

Destilační zkouška je proces, který určuje, jak palivo odpařuje při různých teplotách. Podle vědeckého článku Boro et al. (2022) mají biopaliva druhé generace podobnou destilační křivku jako motorová nafta, což znamená, že mohou být použita v existující infrastruktuře. Destilační křivky čisté motorové nafty, FT10,30,50,80,100, HVO a jejich směsí splňují normu ČSN EN 590 s maximální hodnotou 360 °C.

Vlastnosti biopaliv druhé generace jsou stále předmětem mnoha výzkumů a zkoumání. Některé z těchto vlastností jsou kritické pro jejich použití jako alternativní paliva pro motorové nafty. Mezi tyto vlastnosti patří bod vzplanutí, CFPP, cetanový index a mazivost.

Podle studií mají biopaliva druhé generace hodnoty těchto vlastností srovnatelné s motorovou naftou, nebo dokonce překračují její kvalitu. Bod vzplanutí je teplota, při které se palivo zahřeje natolik, že může samovolně vzplanout. Vědecká publikace Khan et al. (2022) naznačuje, že biopaliva druhé generace mají bod vzplanutí v rozmezí 60-80 °C, což je podobné jako u motorové nafty. Norma ČSN EN 590 stanoví, že bod vzplanutí motorové nafty musí být vyšší než 55 °C. Zkušební vzorky FT, HVO a čisté motorové nafty mají bod vzplanutí nad 60 °C, což znamená, že splňují požadovanou normu. Nejvyšší hodnota bodu vzplanutí je 98,5 °C a odpovídá vzorku HVO100, který také splňuje normu a je vhodný pro použití jako motorové palivo.

Další hodnotou měření byla CFPP, což je teplota, při které palivo začne krystalizovat a ztuhnout. CFPP ukazuje, jak množství FT destilačního řezu ovlivňuje nízkoteplotní vlastnosti paliva. Vzorek s hodnotou FT100 je v souladu s normou a dosahuje nejvyšší hodnoty teploty pro přechodovou naftu, třída D s teplotou -9 °C což odpovídá normě. Ostatní vzorky překročily limit a neodpovídají normě ČSN EN 590. Nejnižší hodnota CFPP byla -34 °C u HVO100, což také neodpovídá normě a znamená, že obsahuje látky zvyšující její mrazuvzdornost. Dle vědeckého článku Khan et al. (2022) přidání Fischer-Tropsch do motorové nafty nepříznivě ovlivňuje její nízkoteplotní vlastnosti.

Vědecká publikace Khan et al. (2022) naznačuje, že biopaliva druhé generace mohou mít lepší cetanový index, což určuje míru hoření paliva, než motorová nafta a tím pádem mohou nabízet lepší výkon a efektivitu motoru. Cetanový index nafty a směsí FT dosáhl hodnoty nad minimální požadovanou hodnotu 46 podle normy ČSN EN 590, což ji splňuje. Podle publikaci Boro et al. (2022) vysoké cetanové číslo má pozitivní vliv na účinnost spalování, emise a chod motoru. Vzorek směsí HVO100 dosáhl nejvyšší hodnoty cetanového indexu, která činila 91. Ostatní vzorky směsí HVO vykazují cetanové číslo vyšší než minimální hodnota požadovaná normou ČSN EN 590, což znamená, že palivo má vysokou kvalitu a může být vhodné pro náročné aplikace.

V palivech je důležitá vlastnost zvaná mazivost. Hydrogenovaný rostlinný olej má velmi nízkou mazivost a lze jej přidat pouze do 80 % objemu, protože vysoká koncentrace může způsobit porušení normy EN 12156-1 (při 60 °C < 460 μm) a zablokování palivového systému

stroje. Pro dosažení požadované úrovně mazivosti v HVO je nutné přidat mazací přísady, které se používají jako bezsírová zimní motorová nafta nebo GTL. Běžná maziva používaná pro naftu s podobnou dávkou mohou být použita i pro HVO. Avšak, v případě vysokých koncentrací HVO je třeba provést další testy pro ověření jeho mazivosti, aby nedošlo k porušení normy EN 12156-1 a zablokování palivového systému stroje. Výzkum provedený Zemanem et al. (2019) naznačuje, že biopaliva druhé generace dosahují srovnatelných, nebo dokonce lepších výsledků ve srovnání s motorovou naftou.

V ekonomickém smyslu, biopaliva druhé generace, konkrétně FT a HVO biopaliva z biomasy, nejsou konkurenceschopná s fosilními palivy, pokud nejsou legislativně podpořena. Pokud však budou podporována legislativou a dalšími zdroji financování, mohou se stát důležitou součástí snah o snižování emisí v dopravě. Biopaliva druhé generace mají výhodu nižších emisí a udržitelnosti, neboť jsou vyráběna z obnovitelných surovin. Bez podpory jsou však konkurenceschopná pouze jako aditiva v omezeném množství, a proto potřebují další podporu, aby se mohla stát širší alternativou k fosilním palivům na trhu.

Zohledněním ekologických a udržitelných aspektů lze zavést biopaliva druhé generace jako významnou součást výroby paliv v budoucnosti. Tyto biopaliva nejen představují výhodné alternativní palivo, ale také mají podobné nebo dokonce lepší vlastnosti než tradiční motorová nafta. V článku Carriquiry et al. (2011) se zmiňuje, že výroba biopaliv druhé generace může pomoci snížit emise skleníkových plynů a závislost na fosilních palivech, což by přispělo k udržitelnosti a ochraně životního prostředí.

Nicméně, je důležité brát v úvahu i možné negativní dopady výroby biopaliv na životní prostředí, například zvýšením spotřeby vody nebo používáním hnojiv a pesticidů při pěstování obnovitelných zdrojů. Proto je třeba zavést vhodné opatření, která minimalizují negativní dopad biopaliv na životní prostředí a zajistí jejich udržitelnost.

Hypotéza 1 „Hydrogenovaný rostlinný olej má nižší mazivost než motorová nafta je přijata. Pro splnění požadavku na mazivost dle normy EN 12156-1 musí být hodnota menší než 460  $\mu\text{m}$ . Naměřené hodnoty na grafu ukazují, že hodnota pro HVO je 427  $\mu\text{m}$ , což je nižší než u motorové nafty. To znamená, že vzorky hydrogenovaného rostlinného oleje mají nižší mazivost než motorová nafta, kde hranice normy odpovídá 80 % objemu HVO.

Hypotéza 2 „Příměs hydrogenovaného rostlinného oleje ovlivňuje v průběhu destilace především jádrovou frakci paliva“ byla přijata na základě výsledků experimentů, které ukázaly, že čím víc přidáme hydrogenovaného rostlinného oleje, tím výrazněji se ovlivní jádrová frakce paliva, která se destiluje během procesu. Tyto výsledky byly prezentovány na grafu.

## 8 Závěr

Výroba biopaliv 2. generace z nejedlé biomasy je důležitá pro snižování emisí skleníkových plynů a celkové množství emisí z dopravy, která je významným zdrojem emisí. Tyto biomasy nekonkurují s produkcí potravin a mohou být vyráběny na místě produkce, což podporuje místní ekonomiku a snižuje náklady na dopravu. Výroba biopaliv 2. generace je nutná v boji proti klimatickým změnám a snižování emisí skleníkových plynů a může přinést ekonomické výhody místním komunitám.

V této práci byly připraveny směsi destilátu z Fischer-Tropschovy syntézy (FT) a hydrogenového oleje (HVO) s zimní motorovou naftou v různých objemových poměrech. Tyto směsi byly následně testovány standardními metodami, které jsou stanoveny normou ČSN EN 590 pro motorovou naftu. V rámci testování byly zkoumány různé parametry, jako je hustota, kinematická viskozita při 40 °C, destilační zkouška, bod vzplanutí, teplota ztráty filtrovatelnosti (CFPP - Cold Filter Plugging Point), cetanový index a mazivost motorových naft. Vliv destilačního řezu FT destilátu na tyto parametry byl dále vyhodnocen. Je důležité poznamenat, že testované směsi neobsahovaly biosložku, která je běžná v běžné motorové naftě.

Vlastnosti biopaliv druhé generace (FT a HVO) podle této studie jsou obecně srovnatelné nebo dokonce lepší než u konvenčních paliv, s výjimkou hustoty a CFPP.

Tato studie ukázala, že hustota HVO se pohybuje v rozmezí 782-831 kg/m<sup>3</sup>, což může odchylnit od normy v závislosti na složení a výrobním procesu. Díky hydrogenaci, procesu přeměny rostlinných olejů na HVO, se počet dvojných vazeb v molekulách oleje snižuje, což vede ke snížení hustoty. V některých případech může být hustota HVO dokonce nižší než u motorové nafty, ale to závisí na mnoha faktorech výroby a složení.

Další hodnotou měření bylo CFPP, která ukázala, jak množství FT destilačního řezu ovlivňuje nízkoteplotní vlastnosti paliva. Vzorek s hodnotou FT100 odpovídal dle normy ČSN EN 590, zatímco ostatní vzorky překročily limit a neodpovídaly normě, což znamená, že obsahují látky zvyšující jejich mrazuvzdornost. Přidání Fischer-Tropsch a HVO do motorové nafty však nepříznivě ovlivňuje její nízkoteplotní vlastnosti.

FT (Fischer-Tropschova syntéza) a HVO (hydrotreated vegetable oil) biopaliva z biomasy nejsou v ekonomickém smyslu konkurenceschopná s fosilními palivy, pokud nejsou legislativně podpořena. Avšak s podporou z legislativy a dalších zdrojů financování, mohou být biopaliva druhé generace důležitou součástí snah o snižování emisí v dopravě. Tyto biopaliva mají výhodu nižších emisí a udržitelnosti, neboť jsou vyráběna z obnovitelných surovin. Bez podpory jsou však konkurenceschopná pouze jako aditivum v omezeném množství. Proto jsou potřebné další podpory, aby se mohla stát širší alternativou k fosilním palivům na trhu.

Biopaliva druhé generace mají velký potenciál jako alternativa k tradičním fosilním palivům a že jejich další vývoj a inovace budou klíčové pro jejich širší využití a přínos pro společnost a životní prostředí. Výroba biopaliv druhé generace je náročná a stále je třeba řešit problémy s náklady a dostupností surovin. Jejich ekologické přínosy a potenciál pro snížení závislosti na fosilních palivech jsou nezpochybnitelné.

Tato práce byla zaměřena na zkoumání vlastností biopaliv druhé generace, avšak pro další výzkum je třeba se zaměřit na optimalizaci jejich výroby a snížení nákladů, aby se mohla stát skutečnou alternativou k tradičním fosilním palivům. Nicméně, je důležité pokračovat

v dalších výzkumech a zlepšovat procesy výroby biopaliv, aby se zvýšila jejich efektivita a konkurenceschopnost.



## 9 Literatura

Aatola H, Larimi M, Sarjovaara T. 2008. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO<sub>x</sub>, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine. *SAE International Journal of Engines*. **1**:2500.

Balat M & Balat H. 2010. Progress in biodiesel processing. *Applied Energy*. **87(6)**:1815-1835.

Basu P, Acharya K, Kundu N. 2011. Kinematic viscosity of Karanja biodiesel and its blends with diesel fuel. *Fuel*. **90(12)**:3473-3477.

Bechník B. 2009. Biomasa – definice a členění. Available from: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/5641-biomasa-definice-a-cleneni> (accessed May 2022).

Behera S, Singh R, Arora R, Sharma NK, Shukla M, Kumar S. 2015. Scope of Algae as Third Generation Biofuels. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. **2**.

Bičáková O, Jeremiáš M, Pohořelý M, Straka P, Svoboda K, Šyc M. 2016. Netradiční zdroje energie, čistá paliva a nové metody spalování. Academia. Praha.

Blažek J & Rábl V. 2002. *Základy zpracování ropy a ropných frakcí*. Vysoká škola Chemicko-technologická v Praze. Fakulta technologie a ochrany prostředí. Praha.

Blažek J & Rábl V. 2006. *Základy zpracování a využití ropy*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 80-7080-619-2.

Boček M. 2021. Parametry paliva. Available from <https://www.euro-petrol.cz/parametry-paliva> (accessed February 2023).

Bohatý M & Hájek M. 2018. Biopaliva druhé generace. *Chemické listy*. **112(3)**: 194-198.

Boro M, Verma AK, Chettri D, Yata VK, Verma AK. 2022. Strategies involved in biofuel production from agro-based lignocellulose biomass. *Environmental Technology & Innovation*. **28**:102679. Available from <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102679> (accessed January 2023).

BP Statistical Review of World Energy. 2020. Available from <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (accessed March 2023).

Brennan L & Owende P. 2010. Biofuels from microalgae - a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **14(2)**: 557-577.

Březina I. 2012. Zelená apokalypsa. Praha: Centrum pro ekonomiku a politiku. ISBN 978-80-87806-76-3.

Carrquiry MA, Du X, Timilsina GR. 2011. Second generation biofuels: Economics and policies. Energy Policy. **39(7)**:4222-4234. Available from <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.036> (accessed May 2022).

Cenový vývoj motorových paliv. 2023. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Available from <https://www.mpo.cz/cz/energetika/cenovy-vyvoj-motorovych-paliv-131115/> accessed April 2023).

Černoch P. 2008. Výroba a použití biopaliv. Mendelova univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta. Brno.

NAP CM. 2019. Český národní akční plán čisté mobility. Available from <https://www.czemp.cz/cs/nap-ciste-mobility-2019> (accessed March 2022).

Český normalizační institut. 2000. ČSN EN ISO 3104: Petrová měřidla. Stanovení kinematické viskozity a dynamické viskozity. Metoda vysávání. Český normalizační institut. Praha.

Chudoba P. 2021. Ropné produkty. Benzín a nafta. Available from <https://www.auto.cz/ropne-produkty-benzin-a-nafta-127674> (accessed May 2022).

Consilium Europa. 2021a. Pařížská dohoda o změně klimatu Available from <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/paris-agreement/> (accessed November 2022).

Cukrová V & Novotný V. 2016. Biopaliva druhé generace. Energie pro život. **3(3)**: 13-17.

Demirbas A. 2007. Importance of biomass energy as alternative to fossil fuels. Energy Policy. **35(14)**: 7406-7418. Available from <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.005> (accessed January 2023).

EIA. 2021. Energy Information Administration. Available from <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/petroleum.php> (accessed January 2023).

Ekoporadny. 2008. Biopaliva - druhá generace. Available from <https://www.ekoporadny.cz/cs/vyvoj-a-technologie/biopaliva-druha-generace> (accessed January 2023).

EPA. 2017. Benzín: Základy emisí a kontrol. Available from <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/basic-information-about-gasoline-emissions-and-control> (accessed February 2023).

European Commission. 2003. Biofuels in the European Union. Vision for 2030 and beyond. Available from [https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/biofuels/vision\\_document\\_biofuels\\_2030.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/biofuels/vision_document_biofuels_2030.pdf) (accessed February 2023).

European Commission. 2018. Renewable Energy Directive (RED II). Available from <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energies/renewable-energy-directive-red> (accessed January 2023).

European Committee for Standardization. 2018. EN 116:2018 Liquid petroleum products - Determination of the cold filter plugging point of diesel and heating fuels - Automated filterability test. Brussels: European Committee for Standardization.

European Parliament. 2021. The European Green Deal. European Parliament. Available from <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/183/the-european-green-deal> (accessed January 2023).

Euroskop. 2020. Vliv změny klimatu na Evropu. Available from <https://www.euroskop.cz/560/sekce/ovzdui/vliv-zmeny-klimatu-na-evropu.htm> (February 2023).

Evropská komise. 2008. Balíček klimatických a energetických opatření. Available from <https://ec.europa.eu/clima/policies/package/cs> (accessed January 2023).

Evropská komise. 2013. Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu. Available from [https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/com\\_2013\\_216\\_cs.pdf](https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/com_2013_216_cs.pdf) (February 2023).

Evropská komise. 2018. Clean Planet for all: European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0773> (accessed January 2023).

Evropská komise. 2019. Green Deal. Available from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (accessed January 2023).

Evropská komise. 2019. Zelená dohoda pro Evropu. Available from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_cs](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs) (accessed February 2022).

Evropská Komise. 2020. Evropská Zelená Dohoda. Available from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (accessed March 2023).

Evropská komise. 2021. Návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady, kterým se mění nařízení č. 2018/1999, kterým se stanoví rámec pro podporu udržitelného růstu. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52021PC0564> (accessed January 2023).

Evropská rada. 2007. Závěry předsednictví: Brusel. Available from [https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/93201.pdf](https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/93201.pdf) (accessed March 2023).

Evropská rada. 2015. Směrnice Evropského parlamentu a Rady. Available from <https://www.consilium.europa.eu/cs/meetings/european-council/2015/06/25-26> (February 2023).

Evropská unie, 2016b. 2030 climate & energy framework. Climate Action - European Commission. Available from [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en) (accessed November 2023).

Evropská unie, 2016c. 2050 long-term strategy. Climate Action - European Commission. Available from [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) (accessed November 2023).

Evropský parlament a Rada. 2014. Evropské unie. Směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED III).

Fischer F & Tropsh H. 1926. Verfahren zur Herstellung von Brennstoffen. German Patent No. 461,330.

Gavrilescu M & Chisti Y. 2005. Biotechnology - a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology advances*. **23(7-8)**:471-499.

González-García S, Moreira MT, Feijoo G, Pena A. 2019. Second-generation biofuels from sustainable feedstocks: A review. *Sustainability*. **11(16)**: 4323.

Grubler A, Wilson C, Bento N, Boza-Kiss B, Krey V, McCollum DL, Rao ND, Riahi K, Rogelj J, Stercke S, Cullen JM. 2018. A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy*. **3(6)**:517-525. 2018.

Henry CR, Furman RJ, McElroy JF. 2018. *The Measurement of Liquid Densities. Techniques and Methods*. Elsevier.

Hönig V. 2013. *Cvičení z paliv a maziv*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2384-1.

- Horák J. 2016. Bezpečnost práce v petrochemickém průmyslu. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava.
- Hromádko J, Hönig V, Miller P. 2011. Spalovací motory. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3475-0.
- Hromádko J, Masař M, Ščerba, T, Wanner J. 2010. Biopaliva druhé generace. Available from <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/63832> (accessed March 2023).
- Hromádko J, Poláček J, Růžička M. 2009. Alternativní paliva pro provoz spalovacích motorů. ČVUT. Praha.
- Hromádko J, Šedivá B, Martínek J, Vlček P. 2010. Sustainability of biofuels. Biomass and Bioenergy. **34(4)**:559-565.
- Hromádko J. 2012. Biopaliva: ekologický a energetický problém. Praha: Grada.
- INCIEN. 2018. Circular vs. linear economy. Available from <https://www.incien.com/circular-vs-linear-economy> (accessed January 2023).
- International Energy Agency. 2018. Biofuels for transport. Available from <https://www.iea.org/reports/biofuels-for-transport> (accessed January 2023).
- Jenčík J, Hönig V, Obergruber M, Hájek J, Vráblík A, Černý R, Schlehöfer D, Herink T. 2021. Advanced Biofuels Based on Fischer–Tropsch Synthesis for Applications in Diesel Engines. Materials. **14(11)**:3077. Available from <https://doi.org/10.3390/ma14113077> (accessed April 2023).
- Johnson R. 2009. Climate Change. The Science, Impacts and Solutions. Routledge. New York.
- Kadrmaz J. 1940. Motorová vozidla část IV. Automobilní pohonné hmoty a pryžovvé obruče. Ústav pro učební pomůcky průmyslových a odborných škol. Praha
- Karim GA. 2012. Fuels. Energy and the Environment. Taylor & Francis. New York
- Karmakar M, Hasan MK, Abedin MJ. 2021. Biogas to bioethanol: A review of the current status, challenges and perspectives. Biofuel Research Journal. **8(1)**:1575-1597.
- Kaštánek F. 2021. Co jsou alternativní paliva. Přestavby a servis LPG, CNG, E85 Available from <http://www.magicacustic.cz/wordpress/alternativni-motorova-paliva/co-jsou-alternativni-paliva/> (accessed November 2022).
- Kaur P, Kumar V, Kalia RK. 2022. Environmental and social impacts of biofuels: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. **155**:112381.

Kellner O, Skopal F, Hanzlík P, Víden I. 2015. Výroba biopaliv z odpadních surovin. *Energie pro život*. **2(2)**: 6-9.

Khan S, Naushad M, Iqbal J, Bathula C, Al-Muhtaseb AH. 2022. Challenges and perspectives on innovative technologies for biofuel production and sustainable environmental management. *Fuel*. **325**:124845. Available from <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124845> (accessed January 2023).

Knothe G. 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*. **86(10)**.

Knothe G, Dunn RO, Bagby MO. 2013. Biodiesel: the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. Pages 77-118 in J. K. Kim (Ed.), *Handbook of alternative fuel technologies*. John Wiley & Sons.

Kjótský protokol. 1997. Available from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (accessed November 2022).

Koppová E. 2019. Ekologické palivové dříví - výhody a omezení. Pages 1-23 in *Proceedings of the international scientific conference Hradecké ekonomické dny 2019*. University of Hradec Králové.

Kuchar M, Pexa M, Klusacek P, Smid R, Pechout M. 2009. Alternative fuels for road vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **13(7)**:1620-1635.

Kumar A, Munjal A, Sawhney R. 2011. Crude oil PAH constitution, degradation pathway and associated bioremediation microflora: an overview.

Kumar S, Sharma S, Bhatia V. 2019. Techno-economic analysis of waste to bioenergy conversion using a closed loop supply chain model. *Bioresource Technology Reports*. **7**:100234.

Lindstrom K. 2022. *Circular Economy - Benefits and Challenges*. Diploma thesis. Luleå University of Technology. Sweden.

Loužek M. 2008. Biopaliva: alternativa či příští palivo. In *Sborník prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada strojní*. **54(1)**:39-46.

Mata TM, Martins AA, Caetano NS. 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*. **14(1)**:217-232.

Mehta M, Barrow P, Gheewala L. 2020. Environmental and economic sustainability of biofuels: Evidence from emerging economies. *Journal of Cleaner Production*. **273**:122921.

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. 2007. Zákon o biopalivech. Available from [https://www.mpo.cz/assets/cz/legislativa/Energetika/ekologicka\\_politika/energeticke\\_zdroje/zakon\\_o\\_biopalivech.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/legislativa/Energetika/ekologicka_politika/energeticke_zdroje/zakon_o_biopalivech.pdf) (accessed May 2022).

Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2015. Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. Praha.

Ministerstvo zemědělství. 2012. Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020. Praha.

Ministerstvo zemědělství. 2012. Biopaliva v ČR. Available from <https://www.mze.cz/cz/biopaliva-v-cr> (accessed October 2022).

MŽP ČR. 2008. Alternativní paliva v dopravě. Available from [https://www.mzp.cz/cz/alternativni\\_paliva\\_doprave](https://www.mzp.cz/cz/alternativni_paliva_doprave) (accessed April 2023).

Müller G, Schiedel HP, Narodoslowsky C. 2016. Pages 1-23 in Diesel Fuels. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.

NAP CM. 2019. Český národní akční plán čisté mobility. Available from <https://www.czemp.cz/cs/nap-ciste-mobility-2019> (accessed March 2022).

Nářízení vlády 351/2012 Sb. o kritériích udržitelnosti biopaliv. 2012. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012> (accessed November 2022).

Novák J. 2020. Paliva a maziva. BEN - technická literatura. Praha

NREL. 2019. Fourth-Generation Biofuels. National Renewable Energy Laboratory. Available from <https://www.nrel.gov/research/featured/biofuels-fourth-generation.html> (accessed January 2023).

Ojeda M, Rahul N, Anand N, Akio I, Manos M, Enrique I. 2010. „CO activation pathways and the mechanism of Fischer–Tropsch synthesis“. *Journal of Catalysis*. **272(2)**:287-297. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2010.04.012> (accessed April 2023).

Oleszek W, Sitek M, Stolarski MJ. 2019. Bioproducts and biofuels: A review of the latest trends and perspectives. *BioResources*. **14(3)**:5667-5685.

Pachauri S & Meyer L. 2014. IPCC 5th Assessment Synthesis Report. Geneva: IPCC. Available from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (accessed January 2023).

Plevová E & Králík F. 2018. Destilace a charakterizace těžkých paliv. *Chemické listy*. **112(3)**:219-223.

REN21. 2013. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2013 Global Status Report. Available from [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR2013\\_lowres.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR2013_lowres.pdf) (accessed December 2022).

REN21. 2019. Renewables 2019 Global Status Report. Available from <https://www.ren21.net> (accessed December 2022).

Rodionova MV, Poudyal RS, Tiwarl I, Voloshin RA, Zharmukhamedov SK, Nam HG, Zayada BK, Bruce BD, Hou HJM, Allakhverdiev SI. 2017. Biofuel production: Challenges and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*. **42(12)**:8450-8461. ISSN 0360-3199.

Rodionova MV, Poudyal RS, Tiwarl I, Voloshin RA, Zharmukhamedov SK, Nam HG, Zayada BK, Bruce BD, Hou HJM, Allakhverdiev SI. 2017. Biofuel production: Challenges and opportunities. *International Journal of Hydrogen Energy*. **42(12)**:8450-8461. ISSN 0360-3199.

Rostagno M, Grilli ML, Valbusa M, Scipioni M. 2020. Circular bioeconomy: A review of current practices and future perspectives in the agro-food sector. *Sustainability*. **12(20)**:8512.

Růžička T. 2010. Biopaliva, jejich potenciál, pozitiva a negativa. Pardubice. Available from [https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36318/1/RuzickaT\\_Biopaliva%20potencial\\_ID\\_2010](https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36318/1/RuzickaT_Biopaliva%20potencial_ID_2010) (accessed January 2023).

Sangeeta M, Pande S, Monika M, Gakhar R, Sharma M, Rani J, Bhaskarwar NA. 2014. Alternative fuels: An overview of current trends and scope for future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **32**:697-712.

Sangeeta R, Sidharth S, Mishra S. 2014. A Review on Flash Point Determination Techniques. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*. **5(6)**:1000213.

Šebor G, Pospíšil M, Žákovec J. 2006. Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě: 1. část. Available from z: <http://www.kraj-lbc.cz/public/doprava/prezentace07/pdfs/12a.pdf> . (accessed February 2023).

Singh RN, Sharma S, Mallick N, Singh RK. 2016. Algae biofuels: current status, key challenges, and future perspective. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. **10(5)**:673-690.

Singh RS, Pandey A, Gnansounou E. 2016. Biofuels, Production and Future Perspectives. Taylor & Francis Group. Praha. Available from <https://www-taylorfrancis-com.ezproxy.techlib.cz/books/e/9781315370743.9781315370743> (accessed February 2023).

Škorpík J. 2011. Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady. Transformační technologie. Available from <https://www.transformacni-technologie.cz/07.html#menu>. ISSN 1804-8293 (accessed January 2023).



Slejška A. 2014. Využití biomasy. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra energetiky.

Evropský parlament a Rada. 2014. Evropské unie. Směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED III).

Smith J & Brown M. 2021. The food vs fuel debate: An overview of the science, economics and politics of biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **136**: 110398.

Smith J. 2017. *The Paris Agreement: Analysis and Outlook*. Washington, D.C.: Congressional Research Service.

Smith J. 2010. *Clean Mobility in Europe*. London: Routledge.

Souček V. 2011. *Paliva pro spalovací motory*. Praha: ČVUT v Praze.

Speight JG. 2008. *Synthetic Fuels Handbook: Properties, Process, and Performance*. McGraw-Hill Professional. New York.

Šturcová L. 2019. Jak rozpoznat kvalitní motorovou naftu. Available from <https://www.mototechna.cz/clanky-a-navody/jak-rozpoznat-kvalitni-motorovou-naftu/> (accessed May 2022).

Sustainable Energy Europe. 2019. The Renewable Energy Directive (RED II). Available from <https://sustenergy.org/en/policy-legislation/red> (accessed November 2022).

Swain PK, Das LM, Naik SN. 2011. Biomass to liquid: A prospective challenge to research and development in 21st century. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **15(9)**:4917-4933.

Toppr. 2019. Fuel Meaning & Definition - Types of Fuel, Fuel Efficiency. Available from <https://www.toppr.com/guides/chemistry/combustion-and-fuel/introduction-to-fuel-and-fuel-efficiency/> (accessed November 2022).

Trávníček P, Vlasák P, Lála J, Svoboda K, Maršálek J, Pokorný R. 2015. Technologie zpracování biomasy za účelem energetického využití. Available from [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/23/23](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23) (accessed January 2023).

Veselý M. 2022. Nebezpečné látky: Nafta. Bezpečnost práce. Available from <https://bezpecnostprace.eu/nebezpecne-latky-nafta/> (accessed October 2022).

Vikash B, Ashish T, Girijesh KP. 2014. *Biofuels production*. New York: Scrivener publishing, p. 392. ISBN: 978-1-118-63450-9.

Víšek P & Pokorný J. 2013. *Biopaliva a obnovitelné zdroje energie*. C.H. Beck. Praha

Vitvar T. 2013. Biopaliva. Publishing. Praha.

Výrobní náklady na FT100. 2023. FT: A Clean Energy Choice for the Transportation Sector. (2019). U.S. Department of Energy. Available from <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/fischer-tropsch-technology-biofuels> (accessed April 2023).

Wasiak A. 2019. Biopaliva jako alternativa pro fosilní paliva. Journal of Cleaner Production. **239**:118026.

Wasiak D. 2019. Biopaliva - současnost a budoucnost. Vysoká škola báňská - Technická univerzita. Fakulta strojní. Ostrava.

Weiss P & Svobodová K. 2014. Výroba a využití biopaliv. Grada Publishing. Praha.

Zákon č. 165/2012 Sb. o podpoře obnovitelných zdrojů energie a vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a o změně některých souvisejících zákonů. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201-zneni-20180215> (accessed January 2023).

Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 27. června 2012 o ochraně ovzduší. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201-zneni-20180215> (accessed January 2023).

Zeman P, Pospíšil M, Skopal F, Šťastník S. 2019. Hydrotreated Vegetable Oil as a Fuel from Waste Materials. Catalysts. **9(4)**:337.

Zákon o podpoře OZE. 2012. Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, č. 165/2012 Sb. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165> (accessed November 2022).

Nářízení vlády 351/2012 Sb. o kritériích udržitelnosti biopaliv. 2012. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012> (accessed November 2022).

Zheng X, Zhang H, Yan B, Li H, Wang Y, Huang H. 2020. A review of the application of hydrogenated vegetable oil as a sustainable biofuel. Renewable and Sustainable Energy Reviews. **120**:109675.

Výrobní náklady na FT100. 2023. FT: A Clean Energy Choice for the Transportation Sector. (2019). U.S. Department of Energy. Available from <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/fischer-tropsch-technology-biofuels> (accessed April 2023).

## 9.1 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Symboly paliv (Zdroj: Svet energie 2018)	15
Obrázek č. 2 Největší producenti CO <sub>2</sub> ( Zdroj: Evropská rada 2018)	18
Obrázek č. 3 Snížení emisí skleníkových plynů (Zdroj: Zpráva EU 2020)	19
Obrázek č. 4 Srovnání HDP a CO <sub>2</sub> od roku 1990 (Zdroj: Euroskop 2020)	24
Obrázek č. 5 Využití biomasy (Zdroj: Slejška 2014)	30
Obrázek č. 6 Způsoby výroby jednotlivých druhů biopaliv s vyznačením technologie biopaliv první a druhé generace (Zdroj: Hromádko et al. 2009)	34
Obrázek č. 7 Potenciál snížení emisí CO <sub>2</sub> biopalivy první a druhé generace (Zdroj: Hromádko et al. 2009)	35
Obrázek č. 8 Výchozí suroviny pro výrobu bioethalonu (Zdroj: Hamelinck 2005)	36
Obrázek č. 9 Cirkulární vs. lineární ekonomika (Zdroj: Incien 2018)	40
Obrázek č. 10 Připravené vzorky motorové nafty, jejich směsí a FT destilačního řezu (Zdroj: vlastní)	43
Obrázek č. 11 Sestavení destilační aparatury (Zdroj: Herchel 2011)	44
Obrázek č. 12 Hydrometr (Zdroj: Vincent Leermiddelen Scientific 2020)	45
Obrázek č. 13 Analyzátor bodu vzplanutí dle Pensky-Martense (Zdroj: Paar 2020)	45
Obrázek č. 14 Kalibrovaný Ubbelohdeho viskozimetr (Zdroj: Scientific 2018)	46
Obrázek č. 15 Filtrační zařízení (Zdroj: vlastní )	47
Obrázek č. 16 Zařízení HFFR pro stanovení mazivosti (Zdroj: Třebický 2017)	48
Obrázek č. 17 Destilační křivka nafty, FT dieselového řezu a jejich směsí (Zdroj: vlastní)	50
Obrázek č. 18 Destilační křivka nafty a směsí HVO (Zdroj: vlastní)	51
Obrázek č. 19 Hustota motorové nafty, FT dieselového řezu a jejich směsí (Zdroj: vlastní)	52
Obrázek č. 20 Hustota nafty a směsí HVO (Zdroj: vlastní)	52
Obrázek č. 21 Body vzplanutí čisté motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí (Zdroj: vlastní)	53
Obrázek č. 22 Body vzplanutí nafty, HVO a jejich směsí (Zdroj: vlastní)	53
Obrázek č. 23 Kinematická viskozita motorové nafty, FT dieselového řezu a jejich směsí (Zdroj: vlastní).	54
Obrázek č. 24 Kinematická viskozita nafty a směsí HVO (Zdroj:vlastní)	55
Obrázek č. 25 CFPP čisté motorové nafty, FT destilačního řezu a jejich směsí (Zdroj: vlastní)	55
Obrázek č. 26 CFPP nafty a směsí HVO (Zdroj: vlastní)	56
Obrázek č.27 Cetanový index čisté motorové nafty a směsí HVO (Zdroj: vlastní)	57
Obrázek č. 28 Cetanový index nafty a směsí HVO (Zdroj: vlastní)	57
Obrázek č. 29 Mazivost naftového paliva s přídavkem HVO (Zdroj: vlastní)	58

## 9.2 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Základní kvalitativní parametry motorové nafty ( Zdroj: ČSN EN 590+A1 2018)	16
Tabulka č. 2 Souhrn naměřených hodnot (Zdroj: vlastní)	49