

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

ONDŘEJ KOŽÍŠEK

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav automobilové techniky



Základní fyzikální vlastnosti benzínu
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.

Vypracoval:
Ondřej Kožíšek

Brno 2017

Čestné prohlášení

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

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

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

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné návrhy, připomínky a za vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat svým blízkým za podporu a ohleduplnost při psaní této práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je věnována tématu „Základní fyzikální vlastnosti benzínu“ a je rozdělena do několika základních částí. V úvodu se práce zaměřuje na vznik ropy a její těžbě, protože ropa je základní surovinou při výrobě benzínu a jiných paliv. Dalším bodem je nejdlejší část, a to samotný benzin. V bakalářské práci je řešena jeho výroba, použití, vlastnosti, jeho výhody i nevýhody a práce je doplněna i o legislativní požadavky benzínu. V další kapitole byl vytvořen stručný přehled v současnosti využívaných paliv včetně CNG, LPG, bioetanolu, biobutanolu a vodíku a byly porovnány jejich vlastnosti s vlastnostmi benzínu. V závěru práce je bakalářská práce doplněna o experiment, kde je zkoumána závislost dynamické viskozity benzínu na teplotě a závislost hustoty benzínu na teplotě.

Klíčová slova: Přeprava, Výroba, Využití, Vlastnosti, Legislativní požadavky

ABSTRACT

Bachelor thesis is entitled to topic „Basic physical characteristics of gasoline“ and it is dividend to a few basic parts. In introduction is bachelor thesis devoted to a creation of petroleum and its extraction, because petroleum is a basic material in gasoline creation and another fuels. Next part is the longest part, and it is the fuel itself. In bachelor thesis is soluted its creation, use, characteristics, its advantages and disadvantages and the bachelor thesis is replenished with a legislative requirements of gasoline. In another chapter was made a concise summary of used fuels like CNG, LPG, bioethanol, biobuthanol and hydrogen and their characteristics were compared with gasoline characteristics. In conclusion of bachelor thesis it was replenished by an experiment, where is examined dependence of dynamic viscosity on temperature and dependence of gasoline density on temperature.

Keywords: Transport, Creation, Use, Characteristics, Legislative requirements

OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍL.....	10
1 PALIVO.....	11
1.1 Ropa.....	11
1.1.1 Těžba ropy.....	11
1.1.2 Přeprava ropy	12
1.1.3 Označování nebezpečných látek	13
2 PALIVA PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY POUŽÍVÁNA V SOUČASNOSTI.....	14
2.1 Požadavky na motorová paliva.....	14
2.2 Rozdělení paliv	14
3 BENZIN.....	15
3.1 Výroba benzínu	15
3.1.1 Odsolování ropy	15
3.1.2 Atmosférická destilace	16
3.1.3 Hydrogenační rafinace - odsíření	17
3.1.4 Zvyšování oktanového čísla	17
3.2 Druhy benzínu	18
3.2.1 Automobilový benzin.....	19
3.2.2 Letecký benzin	19
3.2.3 Benzin jako rozpouštědlo	19
3.3 Požadavky na automobilový benzin	20

3.4	Vlastnosti benzínu	22
3.5	Skladování benzínu a oxidace	25
3.6	Přeprava benzínu	25
3.7	Cena benzínu	26
3.8	Oktanové číslo	27
3.9	Aditiva	28
3.9.1	Aditiva do paliv	28
4	ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY	30
4.1	LPG.....	30
4.1.1	Fyzikální vlastnosti	30
4.2	Zemní plyn - CNG.....	31
4.3	BIOETANOL	33
4.3.1	Výroba.....	33
4.3.2	Vlastnosti bioetanolu E85	33
4.4	BIOBUTANOL	34
4.4.1	Výroba.....	34
4.4.2	Vlastnosti biobutanolu.....	35
4.5	Vodík	36
4.5.1	Využití.....	36
4.5.2	Výroba.....	36
4.5.3	Vlastnosti vodíku.....	38
5	ZÁVISLOST VISKOZITY A HUSTOTY BENZINU NA TEPLOTĚ	39

ZÁVĚR.....	43
REFERENCE	44
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK	51

ÚVOD

V dnešní době je benzin a jeho dopad na životní prostředí velice často diskutované téma. Lidstvo se začíná zabývat problematikou paliv pro spalovací motory, jako je například emisní dopad na životní prostředí nebo blížící se vyčerpání ropných nalezišť.

Následkem těchto obav a kvůli stále se zvyšujícím emisním nárokům se vědci začínají plně věnovat zkoumání nových alternativních paliv a pohonů, které by dokázali překonat doposud nepřekonatelný spalovací motor. Cílem je vymyslet palivo či motor, který by využíval například rostlinné zbytky a odpad jako palivo a co nejméně by znečišťoval životní prostředí.

Pro pohon spalovacích motorů již v dnešní době několik paliv existuje, které by dokázaly benzin nahradit. Jmenovitě se jedná například o LPG (Liquefied Petroleum Gas – zkapalněný ropný plyn), CNG (Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn), E85 (směs 85 % etanolu a 15 % naturalu), pohon na biobutanol, bioetanol, nebo například vodík.

U spalovacích motorů by mohlo dojít nejen k nahrazení paliva vyráběného z ropy, ale také by mohlo dojít k úplnému nahrazení pohonu. Dnešní spalovací motory začínají mít konkurenci v podobě motorů poháněných elektřinou.

Jelikož je výroba alternativních pohonů v dnešní době velice žádaná, existuje několik fondů Evropské unie pro podporu těchto výzkumů. K dnešnímu dni existuje mnoho alternativních pohonů, ať už zavedených, či pouze experimentálních. Některé se mohou benzínu vyrovnat, a jiné zase ne a tato práce by měla porovnat benzin a jeho vlastnosti s možnou konkurencí.

CÍL

Bakalářská práce je věnována především benzinu a jeho fyzikálním vlastnostem. Dále by se měla zabývat výrobou benzinu, jeho fyzikálními vlastnostmi a jeho legislativními požadavky.

Pro zvýraznění důležitosti benzinu a jeho nenahraditelnosti bude vypracován seznam nejčastěji používaných paliv, jejichž vlastnosti, náročnost výroby a ostatní požadavky na ně kladené budou porovnány s benzinem.

V závěru bude bakalářská práce obohacena o experiment, který bude založen na závislosti hustoty a dynamické viskozity benzinu na jeho teplotě.

Cílem práce je vytvořit seznam v dnešní době nejčastěji používaných paliv a porovnat jejich vlastnosti s dnešním nejrozšířenějším palivem pro spalovací motory, s benzinem.

1 PALIVO

Palivem se rozumí látka, většinou organického původu, z níž se spalováním uvolňuje tepelná energie. Jedná se všeobecné označení pro chemický prvek, chemickou látku, nebo jejich směs, která má schopnost za vhodných podmínek začít a udržet chemický proces spalování. Během tohoto procesu dojde k uvolnění chemické energie, která je obsažená ve směsi, a dojde k přeměně na energii tepelnou, kterou lze nadále využít, a přeměnit, na námi potřebnou energii mechanickou. [1]

1.1 Ropa

Ropa je tmavě zbarvená olejovitá kapalina lehčí než voda. Je základní surovinou petrochemického průmyslu a její barva je hnědá až nazelenalá. Je to hořlavá látka tvořena směsí uhlovodíku, především alkanů a získává se z podzemních ložisek. Starší označení pro tuto kapalinu bylo nafta, ovšem dnes se nafta používá pro označení paliva pro vznětové motory. Název ropa pochází z polštiny a jde o původní označení tamních solných pramenů, ačkoliv ve volném překladu ropa znamená „hnis“. [2] [3]



Obr. 1 Ropa [4]

1.1.1 Těžba ropy

Získávání ropy se dá rozdělit do 3 skupin:

a) Primární těžba – V dnešní době se jedná o velice vzácný typ těžby. Ropu lze takhle těžít pouze v nalezištích, kde je společně s ropou dostatek zemního plynu, který zajistí dostatečný tlak pro samovolný výtok ropy (vznik ropných jezer). [5]



Obr. 2 Ropné jezero ve slovenské obci Korňa [6]

b) Sekundární těžba – Jestliže je tlak v ložisku malý, nebo již poklesl kvůli předchozí těžbě, začíná těžba pomocí pump. Při tomto způsobu těžby je někdy průtok napomáháno pomocí zpětné injektáže zemního plynu, vzduchu, nebo oxidu uhličitého. [5]



Obr. 3 Pumpa pro získávání ropy z nalezišť s nízkým tlakem [5]

c) Terciální těžba - Jestli se to ekonomicky vyplatí, snižuje se viskozita zbylé ropy v nalezišti injektáží horkého vzduchu. Tímto způsobem se lze dostat k vytěžitelnosti až 75 % ložiska. [4]

1.1.2 Přeprava ropy

V polovině 19. století, kdy se začala ropa těžit ve větším měřítku (Rusko, USA), byla přepravována v dřevěných sudech koňskými spřeženími. Objem takového sudu se ustálil na jisté hodnotě a od těch dob se těžba ropy tradičně uvádí v barelech. Tento název vznikl z anglického slova „barrel“, a v překladu to znamená „sud“. Barel ropy se značí 1 bbl, je roven 42 US galonům a rovná se objemu 159 dm³. Přeprava koňskými povozy byla brzy nahrazena přepravou v cisternách po železnici a následně i po moři. Později se ale ukázalo, že ani tento způsob dopravy není dostačující a bylo nutno přikročit k mnohem efektivnějšímu způsobu přepravy ropy (zejména po souši) – ke stavbě ropovodů. Ropovody mohou být

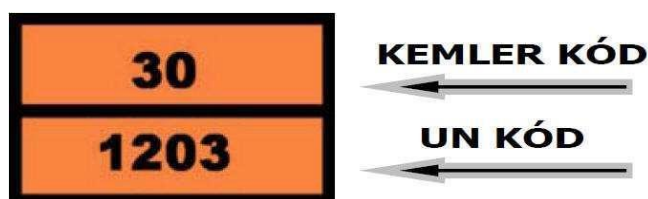
zakopány do země, případně mohou vést i pod oceánem. Největší nevýhodou je, že na počátku výstavby je nucena velká investice a musí být uzavřeny smlouvy s pohotovostní službou, která v případě průsaku či praskliny okamžitě vyrazí závalu opravit. Pro zajištění stálého tlaku jsou v určitých vzdálenostech umístěny čerpací stanice, které zajišťují stálou rychlostí 1–6 m/s. Aby se v ropovodu netvořily usazeniny, je občas pročištěn ocelovým „ježkem“, který je unášen proudem ropy. V České republice nám dopravují ropu 2 ropovody. Ropovod z Ruska, který se nazývá Družba a druhý, méně známý ropovod z Turecka, který se jmenuje podle města, ze kterého vychází, Ingolstadt. [5]



Obr. 4 Mapa ropovodů v ČR [7]

1.1.3 Označování nebezpečných látek

Při převozu nebezpečných látek, tedy i ropy, je vozidlo označeno oranžovou tabulkou s černým orámováním, která je podélně rozdělena. V horní části tabulky je tzv. Kemlerův kód, který označuje hrozící nebezpečí (2 - plynná látka, 6 - jedovatá látka, 7 - radioaktivní látka, aj.). Ve spodní části tabulky je UN kód, který je udělen více než 3000 látkám a přesně identifikuje druh látky. V případě havárie mají hasiči tabulky, pomocí kterých ihned identifikují druh látky a jak ji nejlépe zneškodnit a zabránit šíření. [5]



Obr. 5 Oranžová tabulka benzínu či jiného paliva pro zážehové motory [8]

2 PALIVA PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY POUŽÍVÁNA V SOUČASNOSTI

Vlastnosti paliva ovlivňují celý proces motoru. Právě palivo je ten nejdůležitější faktor, který zaručuje jak plynulost chodu motoru, tak i ekologickou a ekonomickou stránku.

2.1 Požadavky na motorová paliva

Aby palivo bylo palivem, je nejdůležitější, aby dokázalo tvořit zápalnou směs se vzduchem. Dalším velice důležitým faktorem je zaručená bezpečnost, tedy je potřeba, aby mělo palivo dostatečnou stabilitu, přesněji chemickou stálost během manipulace, skladování v cisternách, respektive v nádržích. Při zachování těchto dvou faktorů je možné uvažovat o dalších požadavcích na palivo, jako je například vysoká odolnost proti samovznícení, ke kterému dochází u zážehových motorů. Palivo se občas předčasně vznítí a dochází tak k nerovnoměrnému chodu motoru. Tento jev se nazývá „klepání“. Dále je potřeba palivo zbavit co největšího počtu nečistot, aby nedocházelo ke zbytečnému znečištění životního prostředí. Všechny tyto požadavky se vzájemně vylučují s posledním požadavkem, kterým je nízká cena. [9], [10], [11]

2.2 Rozdělení paliv

Paliva je možno rozdělit podle několika kritérií.

Podle způsobu výroby se dělí na:

a) **FOSILNÍ** – jsou vyráběna ze zemního plynu, uhlí a ropy. Rozdělují se dále na:

- plynná (LPG ve formě vstupující do motoru)

- lehce odpařitelná (benzín)

- těžce odpařitelná (nafta)

b) **OBNOVITELNÁ** – vyrábí se z vody a obnovitelných bioproduktů.

Rozdělují se na:

- lehce odpařitelná (etylalkohol, metylalkohol)

- těžce odpařitelná (rostlinné oleje, metylestery)

Dále se mohou paliva rozdělovat podle skupenství na plynná, kapalná a pevná. [10], [12]

3 BENZIN

Automobilový benzin je kapalná směs, která je z většiny tvořena ropnými uhlovodíky. Bod varu těchto uhlovodíků může kolísat od 30 °C až do 210 °C. Benzin se rozděluje podle využití, kde hrají velkou roli tyto požadavky:

- těkavostní parametry (destilační křivka, tlaky par)
- chemické složení (procentuální obsah benzenu, síry, bioetanolu, kyslíku, aj.)
- antidetonační charakteristiky (oktanové číslo)
- čistota (oxidační stabilita)
- jiné vlastnosti (hustota)

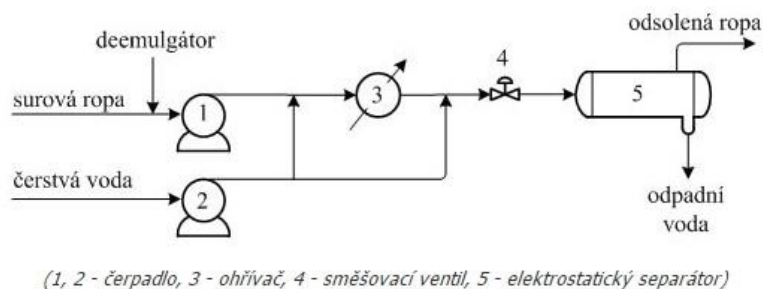
Veškeré tyto parametry a jejich dovolené hodnoty udává Evropská norma EN 228, která ovšem platí pro celou Evropu. Tato norma je v České republice vedená jako ČSN EN 228, kterou podrobněji rozvedu níže. [10], [11]

3.1 Výroba benzínu

Při výrobě benzínu je nejdůležitější proces, a nejvíce se využívá, frakční destilace. Při tomto procesu dochází k oddělování jednotlivých frakcí díky rozlišnému bodu varu. Před tímto procesem je ovšem nutné ropu zbavit nadbytečného množství jednotlivých solí.

3.1.1 Odsolování ropy

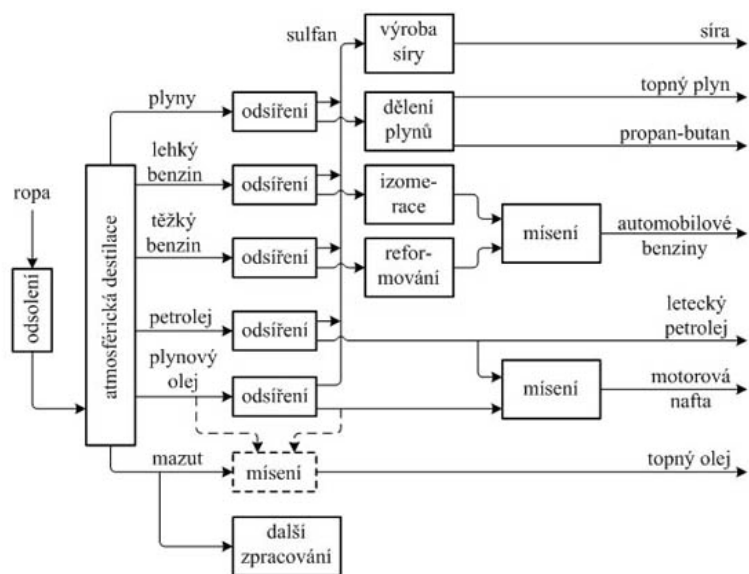
Obsah soli v ropě bývá různý, zaleží na kvalitě zpracovávané ropy, ovšem v každém případě je vyšší obsah solí škodlivý. Vysoký obsah solí v ropě způsobuje korozi technologických zařízení, dochází k usazeninám v potrubí, pecích a ventilech, ucpává póry katalyzátorů aj. Nejpoužívanější způsob odsolování ropy je pomocí elektrostatického odsolování. [13]



Obr. 6 Schéma jednostupňového elektrostatického odsolování ropy [13]

3.1.2 Atmosférická destilace

Jedná se o frakční destilaci, která se provádí při téměř atmosférickém tlaku, přesněji probíhá za tlaku 0,15 MPa. Odsolená ropa jako směs prvků se postupně ohřívá a prvky jsou dle bodu varu rozděleny do frakcí kolony, a následně jsou v kondenzátorech opět zkapalněny. Poté jsou jednotlivé frakce pomocí separátorů zbavovány vody a vznikají konečné výrobky, jako je lehký benzín, těžký benzín, petrolej a plynový olej.



Obr. 7 Schéma atmosférické destilace [14]

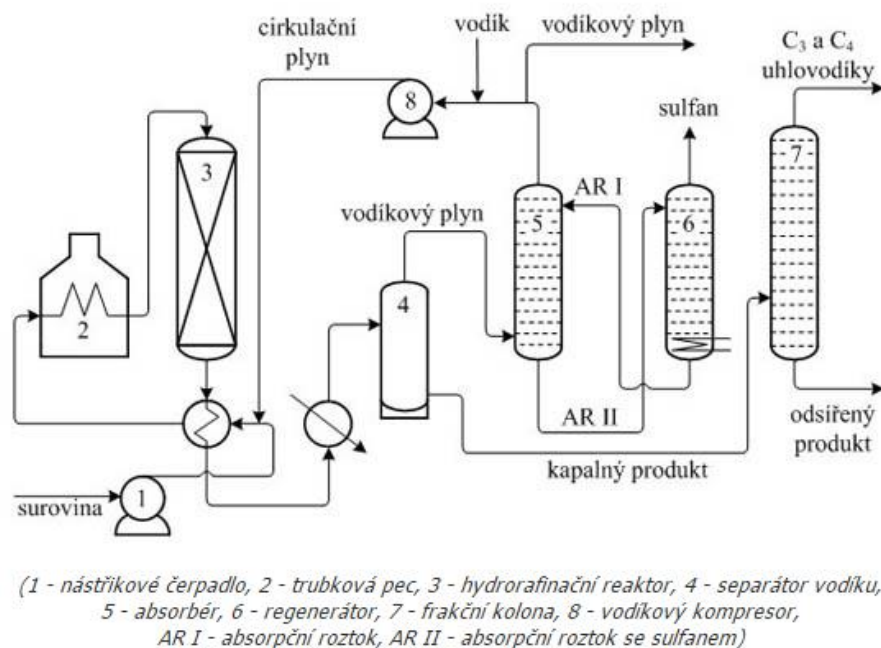
Jak již schéma napovídá, pomocí atmosférické destilace se získává lehký a těžký benzín, ovšem ani jeden z těchto benzínů ještě nemá požadované vlastnosti, aby mohl být použitý jako palivo.

Mazut, který je získáván jako zbytek z destilačního procesu, se někdy používá přímo nebo po úpravě vlastností (zejména bodu tuhnutí a viskozity) jako těžký topný olej. Úprava

vlastností je docílena přidavkem lehčí frakce, kterou může být odsířený nebo neodsířený plynový olej. Většinou je ovšem mazut dále zpracováván vakuovou destilací. [15]

3.1.3 Hydrogenační rafinace - odsíření

Díky vysokým nárokům na palivo je potřeba vzniklé frakce zbavit nežádoucích prvků. Mezi tyto prvky patří hlavně síra, ale také kyslík a dusík. Takové procesy se nazývají desulfurace, deoxidace a denitrogenace. Jedná se o rafinační proces, který vzniká v reaktoru s takzvaným „pevným ložem“. Síra se smísí s vhněným vodíkem, v peci se zahřeje na požadovanou teplotu a je vhněna do reaktoru, ve kterém proběhnou požadované reakce. Jakmile proběhnou všechny požadované reakce, sníží se teplota a tlak, vodíkový plyn se ochladí a vede se do separátoru, kde se oddělí kapalný produkt od vodíkového plynu. Kapalný produkt jde do frakční kolony, ze které vychází odsířená frakce. [14]



Obr. 8 Schéma hydrogenační rafinace benzínu [16]

3.1.4 Zvyšování oktanového čísla

Zatímco desulfurace je proces, který probíhá stejně u lehkého i těžkého benzínu, v dalších operacích se postup výroby automobilového benzínu liší. U lehkého benzínu následuje izomerizace, kdežto u těžkého benzínu následuje reformování.

IZOMERACE – Tato operace má jeden hlavní požadavek, a to je obsah síry nižší než 1 mg/kg. Jestliže je při procesu používán katalyzátor, je potřeba i snížit množství vody pod 0,05 mg/kg, aby zůstal katalyzátor funkční. U lehkého benzínu je potřeba odstranit i většinu alkenů, které podporují výrobu koksu, aby nedocházelo k usazování koksu na katalyzátor, čímž by se výrazně urychlilo jeho opotřebení. Lehký benzín obsahuje vysoké množství C5 a C6 n-alkanů, i-alkanů a cykloalkanů (alkany s pěti a šesti uhlíky) a trochu benzenu. Benzen je karcinogen a jeho obsah je povolen do 1 %. Díky tomuto procesu dochází k přeměně části n-pentanu, n-hexanu a málo rozvětvených šestiuhlíkových izomerů na izopentan a více rozvětvené šestiuhlíkové izomery s vyšším oktanovým číslem než původní n-alkany, čímž se ve výsledku celkově zvýší oktanové číslo.

REFORMÁTOVÁNÍ – Jak již název napovídá, při tomto procesu dochází ke zvyšování oktanového čísla změnou struktury přítomných uhlovodíků. Těžký benzín má oktanové číslo v rozmezí 40–60. Oktanové číslo se zvyšuje důsledkem přeměny cykloalkanů a n-alkanů na aromáty. Reforming se provádí při teplotě od 490 – 540 °C a za působení tlaků v rozmezí 0,4 - 2,4 MPa. Čím vyšší teplota se použije, tím větší je finální oktanové číslo, ovšem nižší výtěžek benzínu.

KRAKOVÁNÍ – z anglického slova „crack“, neboli prasknout. Při tomto procesu dochází k tepelnému rozkladu uhlovodíku s delšími řetězci na uhlovodíky s kratšími řetězci. Dochází k tomu za teploty okolo 500 až 550 °C a za tlaku okolo 0,3 MPa na katalyzátorech za vzniku aromatických uhlovodíků. Výsledkem krakování je benzín s vysokým oktanovým číslem. [17], [18],

ALKYLACE – Při krakování se uvolňují uhlovodíky i v plynné podobě, které obsahují buten, propen nebo izobutan. Pomocí alkylace lze tyto uhlovodíky přeměnit na kapaliny s vysokým oktanovým číslem. Tento způsob se využívá u benzínů, kde je požadováno zachovat nízký obsah aromátů. Tato metoda je velice finančně náročná a moc se nepoužívá.

POLYMERACE – Pomocí této metody dochází ke spojování dvou až tří molekul plynných alkenů s třemi nebo čtyřmi uhlíky. Jedná se tedy o metodu spojování alkenů do nižšího polymeračního stupně a tyto izoalkeny mají velké oktanové číslo. [17], [18], [19]

3.2 Druhy benzínu

Nezákladnější rozdělení benzínu je dle jeho účelu využití.

3.2.1 Automobilový benzin

Jak již název napovídá, do této kategorie se zařazují všechny benzíny, které se používají jako palivo. Benzíny patřící do této kategorie lze nadále rozdělit podle kvality.

SUPER – Jedná se o nejrozšířenější typ bezolovnatého benzínu. S tímto typem benzínu se lze setkat téměř na každé čerpací stanici. Nejčastěji bývá označen názvem Natural95, kde číslo 95 označuje minimální hodnotu oktanového čísla, kterou tento typ benzínu musí obsahovat.

NORMAL – Jde o dříve používaný benzin, který nesl název Natural91 a jeho oktanové číslo odpovídalo této hodnotě.

SUPER PLUS – Tento typ bezolovnatého automobilového benzínu se dodnes požívá. Dříve se označoval jako Natural98. I v tomto případě číslovka označuje minimální velikost oktanového čísla. [20]

3.2.2 Letecký benzin

Jedná se o jeden ze dvou nejčastěji používaných paliv pro létající stroje. Nejvíce používaným palivem je u letadel letecký petrolej, což je způsobeno převahou velkých letadel, u kterých tento petrolej pohání proudové motory. Letecký benzin se používá u letadel menších, které jsou poháněny pístovými motory. Na rozdíl od automobilového benzínu má letecký benzin přísnější nároky na čistotu a je méně těkavý. Rozděluje se na:

BEZOLOVNATÝ – Tento typ benzínu neobsahuje tetraethylolovo a jeho oktanové číslo se pohybuje okolo 80.

OLOVNATÝ – Jak již název napovídá, při výrobě se přidává tetraethylolovo a jeho oktanové číslo se pohybuje okolo 100 a více. [21]

3.2.3 Benzin jako rozpouštědlo

S benzinem jako rozpouštědlem se můžeme setkat v běžném životě. Je lehce sehnatelný pro jeho všestranné využití, ovšem při špatné manipulaci může dojít k fatálním následkům. Jelikož je benzin těkavý a vypařuje se i za normální pokojové teploty, může dojít k inhalaci těchto plynů, což může způsobit trvalé poškození plic, nebo i smrt. Tento typ benzínu je pro pohon motorových vozidel nevhodný, ovšem výjimka potvrzuje pravidlo. V minulosti jej naše lidová armáda používala na ředění motorového oleje, aby v zimě snížili jeho

viskozitu. Provádělo se to u vozidel značky Praga V3S, kde se používal motorový olej Mogul M6AD určený pro provoz v letním období. Jelikož se benzin časem odpařoval, existovaly tabulky, které určovaly, kolik benzínu a po kolika kilometrech nalít. Později byla tato metoda vytlačena použitím oleje pro zimní období značky Mogul M3AD. [22]

3.3 Požadavky na automobilový benzin

Legislativní požadavky na automobilový benzin jsou zapsány v normě ČSN EN 228. Přesný název této normy zní „Motorová paliva – bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení“.

Tab. 1 Požadavky na automobilový benzin [23]

Znak jakosti	ČSN EN 228	
	min	max
Oktanové číslo výzkumnou metodou		
olovnatý benzin	95	
bezolovnatý benzin	91	
Oktanové číslo motorovou metodou		
olovnatý benzin	85	
bezolovnatý benzin	82	
Hustota při 15°C [kg/m³]	720	
Obsah síry		10
Oxidační stabilita	360	
Vzhled	čirý	
Složení uhlovodíků [%]		
olefiny		18
aromáty		35
Obsah benzenu [%]		1
Obsah kyslíku [%]		2,7
Obsah kyslíkatých látek [%]		
methanol		3
ethanol		5
isoprophylalkohol		10
isobutylalkohol		10
tercbutylalkohol		7
ethery (5 nebo více C atomů)		15
jiné kyslíkaté látky		10
Tlak par [kPa]		
Třída A (léto)*	45	60
Třída D (zima)*	60	90
Třída C1 (přechod)*	50	80
*Léto:	1. 5. - 30. 9.	
*Zima:	1. 11. - 31. 3.	
*Přechod	1.10. - 31.10. a 1. 4. - 30. 4.	

Pod názvem Speciál se může prodávat benzin obsahující aditiva na ochranu ventilových sedel a obarvený na sytě oranžovou barvu. Ostatní parametry musí odpovídat benzínu Normal. [23], [24]

3.4 Vlastnosti benzínu

Aby byl automobilový benzin vhodný k využití v automobilovém průmyslu, musí splňovat mnoho důležitých požadavků.

Benzin musí všeobecně splňovat několik základních předpokladů, jako například:

- Benzin musí v zimě umožnit bezproblémové nastartování motoru a motor musí rychle dosáhnout pracovní teploty při jakýchkoliv klimatických podmínkách.
- Motor musí mít dostatečný výkon, aniž by došlo ke klepání.
- Spotřeba paliva musí být optimální vzhledem k výkonu a musí vypouštět do ovzduší co nejméně emisí.
- Benzin nesmí vytvářet usazeniny v motoru, dále nesmí znečišťovat palivovou soustavu a musí zabraňovat korozi.

V současnosti je zakázáno vyrábět benziny, které obsahují sloučeniny sodíku, manganu, fosforu, nebo železa. Zároveň je samozřejmostí, že benzin nesmí obsahovat žádné mechanické nečistoty a v lokálních klimatických podmínkách nesmí docházet ke srážení vody v motoru, nebo v palivové soustavě. [25], [26]

TĚKAVOST – Jedna z nejdůležitějších vlastností. Pro dobrý chod motoru je těkavost velice důležitá, a to především v zimě, kdy je zapotřebí zajistit dobrý start motoru za studena. Pro snadný start při vyšší teplotě motoru se požaduje naopak těkavost malá, a to hlavně u starších typů automobilů. U těchto starších typů automobilů totiž docházelo k vaření benzínu uvnitř palivového potrubí nebo v membránovém čerpadle, čímž se přerušila dodávka paliva do karburátoru. Těkavost je také důležitá v tom, že umožňuje benzínu se během zlomku vteřiny rozpadnout na mikrokapičky s co největším povrchem. Ovšem všeho moc škodí, a těkavost není výjimkou. Jestliže je benzin příliš těkavý, může dojít k jeho vypařování již v dopravním potrubí. Začali by se vytvářet bublinky a motor by měl nepravidelný chod, nebo by se úplně zastavil. Proto se začal vyrábět benzin pro letní a zimní období. [27]

BOD VARU – Jelikož je benzin směs několika látek, teplota bodu varu je u každého benzínu různá. Bod varu se liší hlavně v zimě a v létě, kdy je směs benzínu upravována pro provoz v daném období. Záleží také, jestli palivo obsahuje nějaké přidané aditivum, či nikoliv, případně jaká je jeho čistota a čerstvost. Všeobecně lze tedy určit pouze rozmezí, v jakém se teplota bodu varu pohybuje. Teplota bodu varu u benzinů se většinou pohybuje od 20 °C do 210 °C a nejčastěji se pohybuje okolo 150 °C. [28]

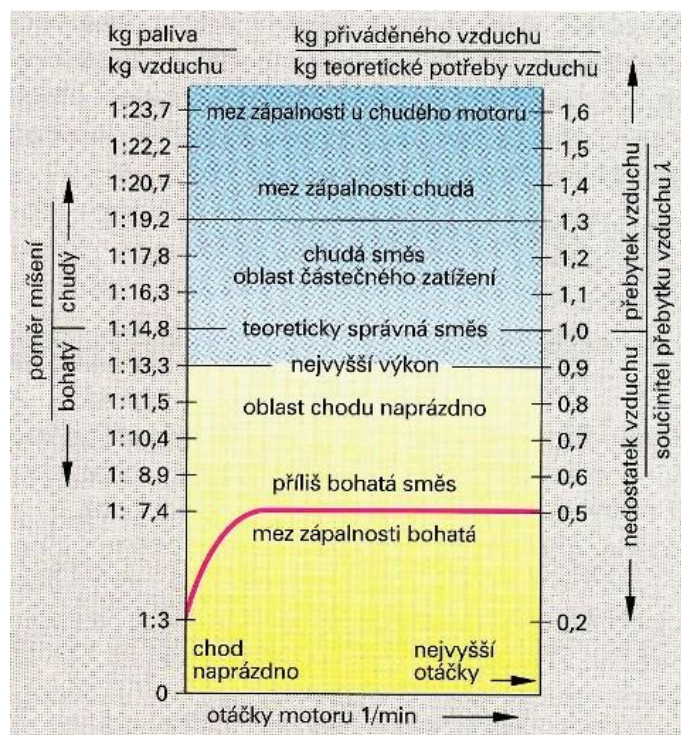
HUSTOTA – Hustota benzínu se pohybuje v rozmezí 720 až 775 kg/m³. Jedná se o hodnotu, kterou určuje norma ČSN EN 228.

ENERGETICKÝ OBSAH – U benzínu se tato vlastnost nazývá také jako výhřevnost a udává, kolik využitelné energie se uvolní úplným spálením 1 kg paliva. U benzinů se tato hodnota pohybuje okolo 33 MJ/l, což je asi 43,5 MJ/kg a vypočítá se jako podíl uvolněného tepla a hmotnosti paliva. Při dnešních cenách benzínu (cca 33 Kč) vychází, že pořizujeme zhruba 1 MJ energie za 1 Kč.

Benzín	
$H = 43,5 \text{ MJ/kg}$	$\rho = 0,75 \text{ kg/l}$
$Q_1 = ?$	(energie v 1 litru)
1 litr benzínu ...	0,75 kg
$Q = H \cdot m$	
$Q = 43,5 \cdot 0,75$	33 Kč ... 33 MJ
$Q = 33 \text{ MJ}$	1 Kč 1 MJ

Obr. 9 Energetický obsah benzínu [29]

ZÁPALNOST - Aby elektrická jiskra svíčky mohla zapálit obsah válce, je potřeba, aby se do spalovací komory dostala zapálení schopná směs benzínu a vzduchu. Tato směs je dána směšovací poměrem. Správnou volbou směšovacího poměru lze ovlivnit spotřeba motoru, jeho výkon i složení výfukových plynů. Směs může být buď bohatá, chudá nebo Stechiometrická. Bohatá směs nastává tehdy, když je paliva více, než je dáno stechiometrickým poměrem. Zápálnost je zde limitovaná poměrem 1 : 7,4. U chudé směsi je paliva méně, než je dáno, a zápálnost je limitovaná poměrem 1 : 19,2. Ideální směs se nazývá Stechiometrická směs a nastává tehdy, kdy je využito veškeré palivo a kyslík, tedy když směs úplně vyhoří. Stechiometrická směs je dána v poměru 1 : 14,7.



Obr. 10 Směšovací poměr paliva a vzduchu [30]

Existují určité provozní stavy motoru, kdy je potřeba směšovací poměr směsi upravit. Jedním z těchto stavů je studený start. Jelikož je směs paliva připravovaná před spalovací komorou, u studeného motoru dochází k vysrážení paliva na chladné stěny potrubí a směs se ochudí. Extrémně ochuzenou směs nelze jiskrou zapálit a je třeba směs obohatit. [30]

VISKOZITA – Viskozita neboli vazkost, je fyzikální veličina, která popisuje vnitřní tření dané látky v závislosti na vzdálenosti mezi vrstvami a změně rychlosti. S měnící se teplotou benzínu se mění i jeho viskozita. Tabulkové hodnoty udávají, že při teplotě 20 °C by se dynamická viskozita benzínu měla pohybovat okolo 0,55 mPa·s. Závislostí viskozity na teplotě se budu zabývat níže.

BOD TUHNUTÍ – Oproti naftě snáší automobilový benzín nízké teploty mnohem lépe. Udává se, že benzín začíná zamrzat až při teplotě -40 °C, ovšem jsou tu i jiná hlediska, které je potřeba zohlednit. Benzín obsahuje bioložky, ze kterých se v minusových teplotách začíná uvolňovat voda. Ta se sice v lihu dokáže rozpustit, ovšem je potřeba, aby bylo auto v provozu, protože v opačném případě se začnou uvolňovat vodní páry, které zhoršují startovatelnost a zvyšují nebezpečí koroze.

3.5 Skladování benzínu a oxidace

Kvalitní benzin by měl zůstat kvalitním po libovolně dlouhou dobu, pokud se bude správně skladovat. Benzin by měl být uskladněn ve vzduchotěsné nádobě, aby nedocházelo k oxidaci se vzduchem, a zamezilo se vzniku vodních par. Ideální skladování by mělo probíhat za nízké teploty, která bude stabilní. Kdyby teplota kolísala, vlivem teplotní roztažnosti by mohlo dojít k úniku par. Při nesprávném skladování by mohlo časem docházet ke tvorbě sraženin, a benzin by začal takzvaně gumovatět. Většinou tento děj nastává po odstavení vozu, kde benzin degraduje v nádrži, potrubí, nebo karburátoru. Jestliže je vozidlo odstaveno příliš dlouho, je potřeba benzin vypustit a vyčistit palivový systém. Jestliže degradace netrvala příliš dlouho, degradovaný benzin lze smíchat s novým kvalitním benzinem a motor by měl bez problému nastartovat. Po uvedení vozidla zpět do provozu by se měl veškerý již degradovaný benzin vypálit a případné vzniklé sraženiny by měly být vytlačeny pryč z motoru. Jestliže benzin nelze z nějakého důvodu dobře uskladnit a zamezit mu tak kontakt se vzduchem, nebo je dlouhodobé odstavení vozidla plánované, lze použít takzvané stabilizátory. Jedná se o typ aditiva, který prodlužuje životnost benzínu, kterému nelze zajistit správné uskladnění. Používají se například u motorových člunů nebo u sekaček na trávu, jejichž použití je výhradně sezónní. Při použití stabilizátoru by se měla nádrž naplnit minimálně do poloviny a po nalití stabilizátoru by měl motor běžet minimálně 10 minut, aby se směs benzínu se stabilizátorem dostala do všech částí motoru a palivového systému. Dále by se měl motor v pravidelných intervalech nastartovat, aby se odstáté palivo dostalo ven z karburátoru. [31]


3.6 Přeprava benzínu

Při nakládání s pohonnými hmotami je nutné předcházet ztrátám a znehodnocení produktů, ekologickým katastrofám a ohrožení lidských životů. Proto se klade obrovský důraz na bezpečnost při plnění, přepravě a stáčení. Benzin se přepravuje 2 základními způsoby, a to buď po silnici, nebo po železnici.

Při převozu benzínu po silnici musí přepravce splňovat několik přísných norem, které jsou řečeny v ADR. ADR je Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. Dle této dohody musí být každý řidič přepravující pohonné hmoty proškolen a musí

vlastnit nejen řidičský a profesní průkaz, ale i Osvědčení o školení řidičů vozidel přepravujících nebezpečné věci. Benzin spadá do kategorie třídy 3, tedy řidič cisterny, který bude benzin přepravovat, musí mít osvědčení na třídu 3 – Hořlavé kapaliny.

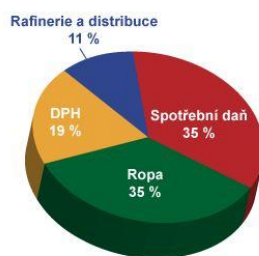
Jestliže je benzin přepravován po železnici, musí být převozník obeznámen s legislativou RID. RID je Řád pro mezinárodní železniční dopravu nebezpečných věcí. Tento řád je obsažený jako příloha C v Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě – COTIF. Tento řád taktéž definuje postup při převozu a manipulaci, aby se vyvarovalo případné katastrofě a kontaminaci. [32]

BENZÍN TECHNICKÝ, ZS ATM 01 dvouplášťový		
Identifikace		
Kemlerův kód	33	33
UN číslo	1203	1203
Klasifikace ADR		
Třída	3 - Hořlavé kapaliny	
Klasifikační kód	F1 - Hořlavé kapaliny bez vedlejšího nebezpečí - hořlavé kapaliny s bodem vzplanutí do nejvýše 61°C	
Zákaz ADR přepravy	Ne	
Klasifikace RID		
Třída	3 - Hořlavé kapaliny	
Klasifikační kód	F1 - Hořlavé kapaliny bez vedlejšího nebezpečí - hořlavé kapaliny s bodem vzplanutí do nejvýše 61°C	
Zákaz RID přepravy	Ne	
Bezpečnostní značky		
ADR/RID	3 - Hořlavé kapaliny	

Obr. 11 Označení technického benzínu [32]

3.7 Cena benzínu

Světovou cenu benzínu sice ovlivňuje dohoda Evropské unie o jednotnosti cen rafinérií, která se řídí cenou dosaženou na komoditní burze v Rotterdamu, ovšem tato cena není konečná. Na konečné ceně benzínu se v dnešní době hlavně podílejí daně, které tvoří více než 50 % a marže prodejců pohonných hmot. Nejlevnější benzin tedy odpovídá nejnižší marži prodejce, ovšem je potřeba také dbát na kvalitu benzínu, protože dražší benzin může obsahovat různá aditiva například pro ochranu motoru a je dobré se na obsah dražšího benzínu předem informovat. [33], [34], [35]



Obr. 12 Kruhový graf konečné ceny benzínu [35]



Obr. 13 Vývoj ceny benzínu od roku 2007 do roku 2011 [36]

Tab. 2 Vývoj ceny benzínu od roku 2012 do roku 2016 [36]

Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Průměrná cena benzínu [Kč]	37,50	36,36	36,20	31,86	28,84
Maximální cena benzínu [Kč]	35,93	35,88	33,25	29,73	26,86
Minimální cena benzínu [Kč]	38,98	37,06	36,83	33,27	29,95

3.8 Oktanové číslo

Oktanové číslo je veličina, která udává kvalitu benzínu. Čím vyšší má benzin oktanové číslo, tím je benzin odolnější vůči samozápalu při stlačování ve válci. Dnešní benzinové motory jsou konstruovány na benzin s oxidačním číslem minimálně 90, ačkoliv například v USA je stále prodejný benzin s oktanovým číslem 87, takzvaný „REGULAR“.

Samotné oktanové číslo je z chemického hlediska objemový podíl izoalkanu a n-heptanu, kde čistý izooktan má oktanové číslo 100 a n-heptan má oktanové číslo 0. To znamená, že například Natural95 je odolný proti samozápalu stejně, jako směs 95 % oktanu a 5 % heptanu.

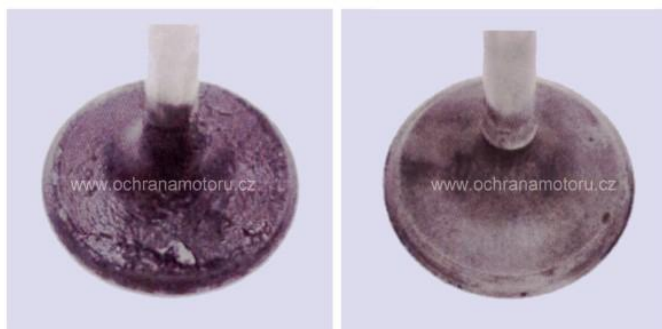
Od první poloviny 20. Století se oktanové číslo zvyšovalo pomocí aditiv obsahujících olovo. Bohužel jelikož je olovo jedovaté, nespalitelné a dokonce poškozují katalyzátor, začalo se od něj ustupovat. Již v roce 1995 tvořily olovnaté benziny pouhých 0,6 % paliv na trhu a 1. ledna 1996 byl prodej olovnatých paliv zcela zakázán. Dnes je oktanové číslo zvyšováno příměsí uhlovodíků éterického původu. [37]

3.9 Aditiva

Aditiva, v jednotném čísle aditivum, jsou látky, které se přidávají do výrobků, aby došlo k vylepšení jejich základních vlastností. Existují aditiva potravinářská, ale i aditiva do paliv, maziv či nátěrových hmot.

3.9.1 Aditiva do paliv

Během používání automobilu dochází k zanášení motoru spalinami. Nánosy spalin v motoru snižují jeho výkon, zvyšují spotřebu a také zvyšují riziko poškození válců. Pomocí aditiv lze zabezpečit dokonalejší promazávání pohyblivé části motoru a zlepšit tak chod motoru, čímž lze lehce ovlivnit i spotřeba. [26]



Obr. 14 Důsledek aditiva na ventilech automobilu [38]

Na obrázku je nalevo zobrazen ventil znečištěný karbonovými a jinými usazeninami, a vedle něj je na první pohled čistější ventil. Oba dva ventily byly používány stejnou dobu, ovšem u pravého ventilu bylo do paliva přidáváno aditivum.



Obr. 15 Důsledek aditiva na vstříkovací trysce paliva [38]

Zde jsou vyobrazeny 2 vstříkovací trysky. Tryska napravo byla používána při používání aditiva na ochranu motoru a má stálý tlak a malý rozptyl. Kdežto tryška napravo má velký rozptyl rozstříku, palivo je tak do motoru dodáváno nerovnoměrně a má nižší tlak. [38]

4 ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY

Jelikož důsledkem využívání spalovacích motorů dochází ke znečišťování životního prostředí, a zásoba ropy není nevyčerpatelná, začali se lidé zabývat hledáním alternativních zdrojů pro pohon motorů. V automobilovém průmyslu existuje už dostatečný počet alternativních pohonů, ovšem na jejich zdokonalování se stále pracuje. V dnešní době existují pohony elektrické, plynové, hybridní a vodíkové. Existují i sluneční a vzduchové pohony, avšak ještě nemají dostatečně vyřešenou trvanlivost, dojezd, výkon a nákladnost. [39], [40]

4.1 LPG

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) v překladu znamená „Zkapalněný ropný plyn“. LPG se získává při rafinaci ropy, nebo při získávání zemního plynu. Jedná se o směs propanu a butanu, která obsahuje velmi málo síry a neobsahuje žádné olovo ani benzenové uhlovodíky. Při smíchání se vzduchem vzniká homogenní směs, která je dobře rozdělitelná mezi válce a výborně spalitelná, čímž vznikají velmi nízké emise. Pro pohon na LPG je možné upravit téměř všechny automobily se spalovacím motorem. Zásadní nevýhodou je, že se výkon motoru sníží zhruba o 5 %. Naopak velkou výhodou je cena, která je zpravidla polovina ceny benzínu a šetrnost k životnímu prostředí. Další výhodou je rychlá návratnost od přestavby motoru (cca 1000 Kč na ujetých 1000 km), interval výměny oleje je delší, nižší hlučnost motoru a nedochází k usazování karbonu v motorových částech. K 1. 8. 2011 bylo v ČR cca 200 000 vozidel s pohonem na LPG a cca 900 čerpacích stanic. [39], [41], [42], [43]

Při normálních atmosférických podmínkách se propan butan pohybuje v plynné formě. Pomocí stlačení, případně také ochlazení, lze plyn stlačit až na 1/260 svého plynného objemu a dojde k jeho zkapalnění. LPG je tedy uskladněno v tekutém skupenství v tlakových nádobách. Při odebírání ze zásobníku se LPG vypařuje, tedy mění svoje skupenství z tekutého do plynného, a svůj objem naopak 260x zvětší. [44]

4.1.1 Fyzikální vlastnosti

Rozdíl mezi propanem a butanem je v jejich schopnosti se odpařit. Zatímco propan se odpařuje při teplotě až $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, butan se odpařuje při teplotách nad $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto se liší jejich poměr ve směsi v letním a v zimním období. Zatímco v zimním období je směs

v poměru 60 % propanu a 40 % butanu, v letním období je tomu přesně naopak, tedy 40 % propanu a 60 % butanu. 1 kg zkapalněného propan butanu má objem okolo 1,96 litru. [39], [44], [45]

Tab. 3 Fyzikální vlastnosti LPG [44]

Výhřevnost	12,9 [kWh/kg] = 46,44 [MJ/kg]
Hustota – plynné skupenství	2,1 [kg/m ³]
Hustota – kapalně skupenství	540 [kg/m ³]
Teplota varu – letní směs	-5,3 [°C]
Teplota varu – zimní směs	-11,7 [°C]
Dynamická viskozita	0,112·10 ⁻³ [kg·m ⁻¹ ·s ⁻¹]

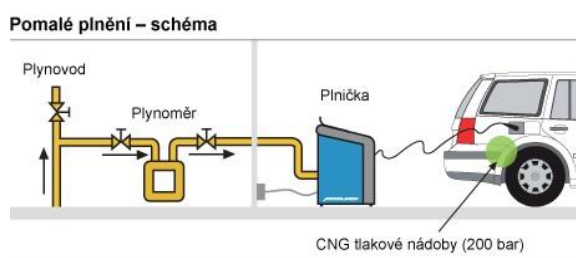
4.2 Zemní plyn - CNG

CNG (*Compressed Natural Gas*) je stlačený zemní plyn. V Německu se lze s tímto produktem setkat pod označením Erdgas. Ve srovnání s LPG má zemní plyn výhodu, že není závislý na výrobě ropy a uvolňuje méně CO₂ do ovzduší. Skladování je náročné a velice nákladné, a to se odráží na množství čerpacích stanic CNG. Výstavba plnicí stanice tak aby splňovala veškeré normy je velice finančně náročná a proto umístění každé stanice distributoři velmi pečlivě zvažují. Kvůli tomuto problému CNG donedávna využívaly jen firmy s vozidly s lokální působností, jako TAXI služby, popeláři či MHD. K dnešnímu dni je na území ČR cca 8500 vozidel s pohonem CNG a 146 čerpacích stanic. [46], [47]

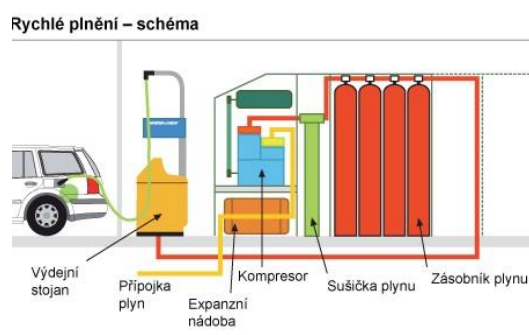
Složení CNG je dáno normou ČSN EN ISO 13443. Podle této normy se musí plyn CNG skládat z minimálně 85 % metanem a může obsahovat maximálně 5 % etanu, 7 % propanu a vyšších uhlovodíků, 0,002 % kyslíku a 100 mg veškeré síry na metr krychlový. [48], [49]

Obdobně jako u LPG je plyn stlačen pod tlakem o velikosti okolo 200 barů do vysokotlakých ocelových lahví. Existují 2 způsoby plnění. Pomalé plnění se provádí

pomocí tzv. plnicích zařízení, které je technicky i finančně nejméně náročné a lze napojit i na domácí plynovod. Pracují s výstupním tlakem 0,1 až 0,2 baru a mají výkon do 20 m³/hod. U rychlého způsobu plnění jsou vzájemně propojené tlakové nádrže, do kterých kompresor zemní plyn stlačuje. K plnění pak dochází skrze výdejní stojan, nebo přepouštěním stlačeného plynu ze zásobníku do stlačených lahví ve vozidle. Výkon je nad 20 m³/hod a tankování trvá 2 až 5 minut. Výstavba tohoto typu stanice je velmi finančně náročná. [47], [49]



Obr. 16 Schéma domácího plnicího zařízení [49]



Obr. 17 Schéma rychlé plnicí stanice [49]

Největší výhodou je šetrnost k životnímu prostředí, vyšší životnost motoru a úspora financí. Největší nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a řídká síť čerpacích stanic a servisů. [50], [51]

Tab. 4 Fyzikální vlastnosti CNG [51]

Oktanové číslo	128 [-]
Teplota vznícení	550 [°C]
Teplota varu	-161,6 [°C]

Hustota při 15 °C	0,678 [kg/m ³]
Výhřevnost	34 [MJ/kg]
Dynamická viskozita při 15 °C	10,98·10 ⁶ [kg·m ⁻¹ ·s ⁻¹]

4.3 BIOETANOL

Bioethanol lze na čerpacích stanicích najít pod označením E85. Jedná se o směs tvořenou z 85 % bioetanolem a z 15 % benzinem (Natural95). Tento poměr se může v závislosti na ročním období měnit, ovšem hodnota etanolu nesmí klesnout pod 70 %. Toto palivo se skladuje stejně jako benzin či nafta. Bioethanol se dá použít přímo ve spalovacích motorech, ovšem je potřeba vybavit vozidlo takzvaným konverzním kitem, který prodlužuje dobu vstříku paliva při startu i při běhu, jelikož oproti benzínu se hůře odpařuje. Nejvyšší výhodou využití bioetanolu je jeho cena, která je oproti benzínu třetinová. Naopak největší nevýhodou je slabá síť čerpacích stanic a špatná startovatelnost v zimním období, kdy je potřeba zvýšit poměr naturalu ve směsi.[52], [53]

4.3.1 Výroba

Bioethanol je vyráběn metodou alkoholického kvašení z biomasy. Tato biomasa se skládá z rostlin dvou typů. Jedná se o rostliny obsahující cukr (nejčastěji cukrová třtina nebo cukrová řepa) a o rostliny obsahující škrob (kukuřice, brambory, obilí, aj.). Zatímco u rostlin obsahujících cukr probíhá kvašení přímo, u rostlin obsahujících škrob musí dojít nejdříve k rozkladu rostlinného materiálu. Jakmile je vykvašen veškerý cukr, proces je ukončen a bioethanol je oddělen destilací od vody a kaše, která se dále používá jako krmivo pro dobytek. Poslední fází výroby bioetanolu, aby se dal použít jako palivo, je absolutizace, což znamená zvýšení koncentrace. [54], [55], [56]

4.3.2 Vlastnosti bioetanolu E85

V praxi se jako palivo používá bioethanol s označením E85, tedy obsahující 85 % bioetanolu a 15 % benzínu. Vlastnosti tohoto paliva jsou při teplotě 20 °C následující: [57]

Tab. 5 Vlastnosti bioetanolu [57]

Hustota	0,783 [g/cm ³]
Dynamická viskozita	1,488 [mPa·s]
Kinematická viskozita	1,9 [mm ² /s]
Tekutost	672 [m·s/kg]
Oktanové číslo	>101, většinou 104 – 105 [-]

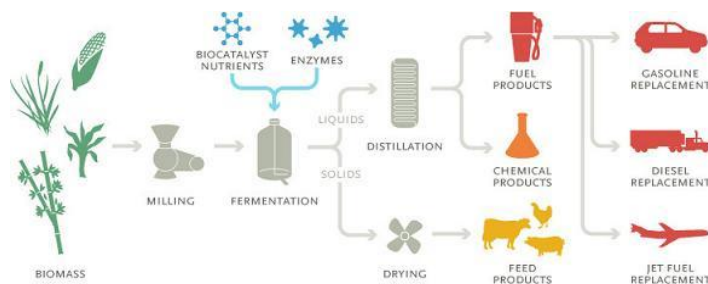
4.4 BIOBUTANOL

Butanol je v průmyslu používán jako ředidlo. Jedná se o čtyřuhlíkový alkohol vyráběný hydratací butanu. Biobutanolu je ročně vyrobeno více než 14 milionů hektolitřů. Je mnohem méně těkavý než etanol nebo benzin a je možné ho přimíchávat do motorových paliv v širokém poměru. Díky nízké těkavosti nedochází k odpařování ani během letních dnů a má mnohem menší korozivní vlastnosti. Dá se mísit s benzinem v jakémkoliv poměru, dokonce jej lze využít i jako čisté stoprocentní palivo. Oproti bioetanolu má cca o 30 % vyšší energetický obsah a do benzínu ho lze přidávat ve větších koncentracích. Bohužel má oproti bioetanolu nižší oktanové číslo a má malou plošnou výtěžnost (cca 1 až 2 kW elektrického či mechanického výkonu z hektaru nejlepších vysoce energetických rostlin) [58], [59]

4.4.1 Výroba

Základním procesem při výrobě biobutanolu je dvoustupňové kvašení z biomasy pomocí upravených kvasinek *Clostridium tyrobutyricum* a *Clostridium acetobutylicum*. Jedná se o zcela nově vyšlechtěné kvasinky za účelem produkce biobutanolu. Pomocí těchto kvasinek lze zajistit výtěžnost z glukózy větší než 40 %. První druh kvasinky přeměňuje glukózu na vodík a kyselinu máselnou, a druhý druh umožňuje z kyseliny získávat butanol a jako vedlejší produkt aceton a etanol. Nejdříve se nadrtí rostlinné zbytky. V 1. Fermentoru dochází díky kvasinkám *Clostridium tyrobutyricum* k přeměně na kyselinu máselnou, která putuje do 2. Fermentoru, kde díky kvasinkám *Clostridium acetobutylicum* dojde k přeměně

na vodík a butanol. Butanol se oddělí od vody pomocí destilace a vzniklá kašovitá hmota se používá jako krmivo. Skladování tohoto paliva je stejné jako skladování benzínu. [58], [59]



Obr. 18 Postup výroby biobutanolu [58]

4.4.2 Vlastnosti biobutanolu

Pro biobutanol jsou charakteristické následující vlastnosti:

Tab. 6 Vlastnosti biobutanolu [60]

Bod varu	118 [°C]
Hustota při 15 °C	809 [kg/m ³]
Kinematická viskozita při 20 °C	3,64 [mm ² /s]
Výhřevnost	27 [MJ/l]
Oktanové číslo - výzkumnou metodou	94 [-]
Oktanové číslo - motorovou metodou	80 [-]
Obsah kyslíku	21,6 [%]

4.5 Vodík

Vodíkový pohon je v současnosti jedním z nejvíce projednávaných témat současnosti. V budoucnu by dokonce mohl plně nahradit spalovací či vznětový motor. Hlavním důvodem zkoumání vodíku a jiných alternativních paliv je obava z vyčerpání fosilních zdrojů a snaha šetřit životní prostředí.

Vodík je prakticky nevyčerpatelný zdroj a vyskytuje se v mnoha podobách. Největší výhodou vodíkového pohonu je, že nedochází ke vzniku žádných emisních skleníkových plynů a z výfuku vychází jen vodní pára. Nevýhodou je náročné skladování, protože vodík díky malé molekule pronikne téměř každým těsněním. V plynném stavu se vodík skladuje v ocelových bezešvých nádobách. Vodík se dá skladovat i v tekutém skupenství v Dewarových nádobách (nádoby s dvojitou stěnou a vakuem mezi stěnami), ale je to velice energeticky náročné. V pevném stavu se vodík uchovává v hydridech kovů nebo v alkalických zeminách. [61], [62], [63]

4.5.1 Využití

Využití vodíku jako palivo jde dvojím způsobem.

a) Spalování vodíku v klasických motorech

Vodík se spaluje stejně jako benzin, avšak po spálení vznikne jen voda a zanedbatelné množství kyslíčnicku dusíku. Největší nevýhodou je nákladná výroba a fakt, že vodík je ve směsi se vzduchem silně výbušný. [62]

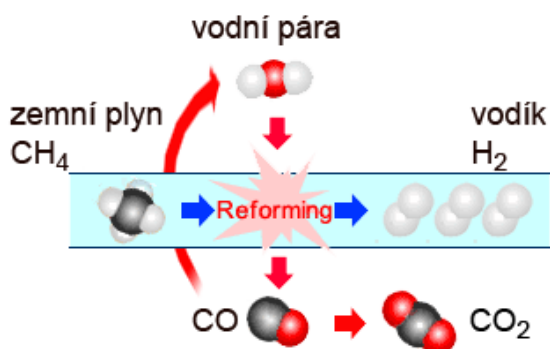
b) Využití vodíku v palivových článcích

Vozidlo je poháněno elektromotorem, přičemž elektřina je vyráběna přímo ve vozidle v palivových článcích. Elektřina vzniká buď elektrochemickou reakcí samotného vodíku, nebo chemickou reakcí mezi vodíkem a kyslíkem. [62]

4.5.2 Výroba

Existuje několik způsobů výroby vodíku a také mnoho zdrojů, ze kterých lze vyrobit. V dnešní době je nejrozšířenější výroba vodíku z fosilních paliv – parní reformace ze zemního

plynu. V případě že surovina obsahuje sloučeniny síry, je potřeba ji odsířovat, aby nedošlo k poškození katalyzátorů. Parní reformování se provádí v peci při teplotách 750 °C – 800 °C a při tlaku v trubkách okolo 4 MPa.

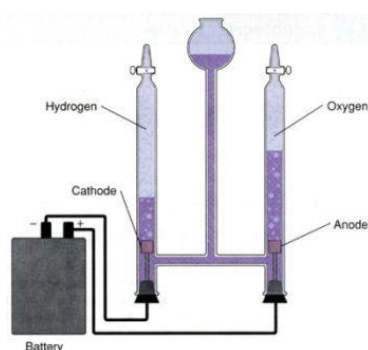


Obr. 19 Parní reformování zemního plynu [64]

Reakční produkty (nejčastěji zemní plyn) se při teplotě okolo 750 °C vženou do kotle na výrobu páry, poté vedou do tepelného výměníku, kde dojde k ochlazení na teplotu okolo 360 °C. Následně putují do konvertorů, kde se v reakci s vodní párou přemění na CO₂. Během této reakce dojde ke zvýšení teploty na cca 500 °C, čímž by došlo ke snížení výtazku CO₂ a H₂, proto se produkt v dalším výměníku ochladí na teplotu 180 až 230 °C. Díky tomuto snížení teploty se sníží koncentrace oxidu uhelnatého až na 0,2 %. Vedlejší oxid uhličitý se vypouští do atmosféry, nebo se převede na tzv. suchý led a je nadále používán pro chlazení například v potravinářství. [65],[66], [67], [68]

Druhý nejrozšířenější způsob výroby je elektrolýza z vody.

princip: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$



Obr. 20 Výroba vodíku elektrolýzou [67]

Pro zvýšení účinnosti se používá tzv. vysokoteplotní elektrolýza (parní elektrolýza), kdy do elektrolyzátoru vstupuje voda v podobě páry. [67], [69]

4.5.3 Vlastnosti vodíku

Pro vodík jsou charakteristické následující vlastnosti:

Tab. 7 Vlastnosti vodíku [70]

Oktanové číslo	60 [-]
Hustota	0,00008988 [g/cm ³]
Teplota varu	-252,9 [°C]
Teplota tání	-259,1 [°C]
Teplota samovznícení	580 [°C]
Dynamická viskozita při 15 °C	8,673 [mPa·s]
Výhřevnost při 20 °C	119550 [kJ/kg]

5 ZÁVISLOST VISKOZITY A HUSTOTY BENZINU NA TEPLOTĚ

POUŽITÉ PŘÍSTROJE:

- Viskozimetr Brookfield DV2T s vřetenem 18 dle Brookfielda a se smykovou rychlostí až 200 s^{-1}
- Teplotní čidlo Pt1000
- Hustoměr Mettler Toledo, Densito PX30

Viskozimetr DV2T pracuje s přesností $\pm 1,0\%$ a s opakovatelností $\pm 0,2 \%$. [71]



Obr.21 Viskozimetr DV2T [71]

Přenosný hustoměr Densito 30PX, s teplotní kompenzací Mettler Toledo, pracuje s přesností $\pm 0,001 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a má měřicí rozsah měření hustoty 0 až $2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Měří i teplotu v rozmezí 0 až $40 \text{ }^\circ\text{C}$ s přesností $0,001 \text{ }^\circ\text{C}$. [72]



Obr. 22 Hustoměr Densito 30PX [72]

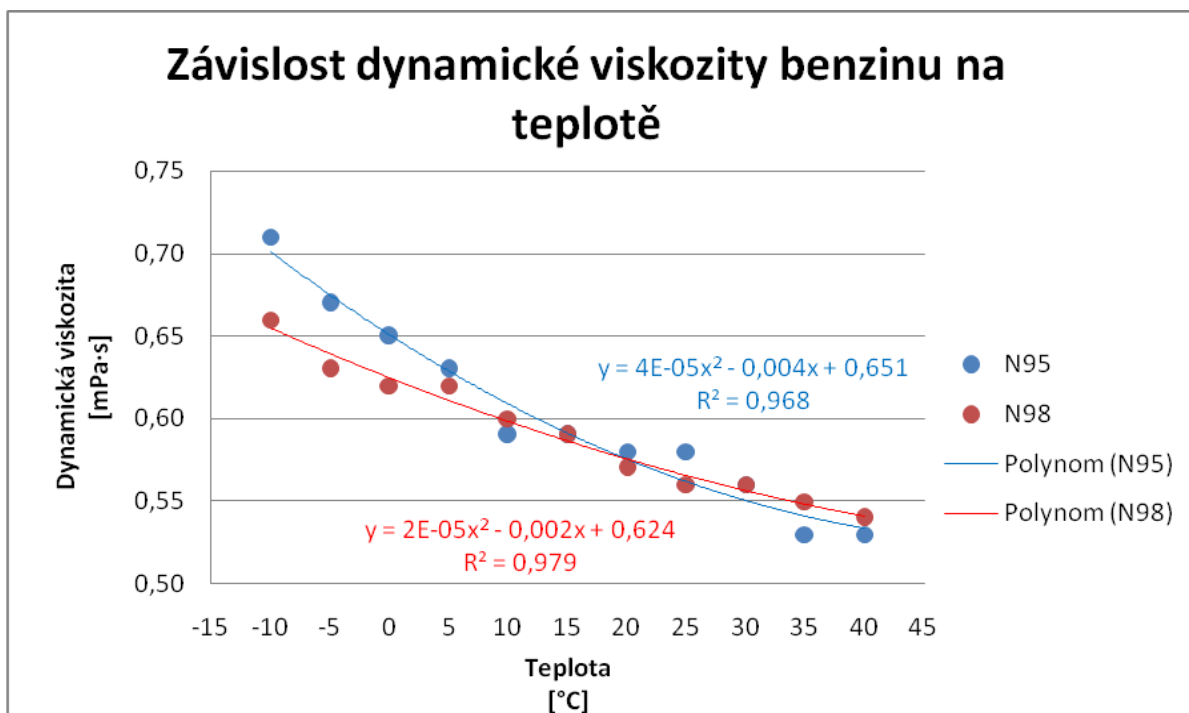
NAMĚŘENÉ HODNOTY:

Pomocí výše uvedených přístrojů byla měřena dynamická viskozita a hustota benzínu od -10 °C do 40 °C. Dynamická viskozita benzínu byla měřena každých 5 °C, kdežto hustota benzínu byla měřena s odstupem 10 °C.

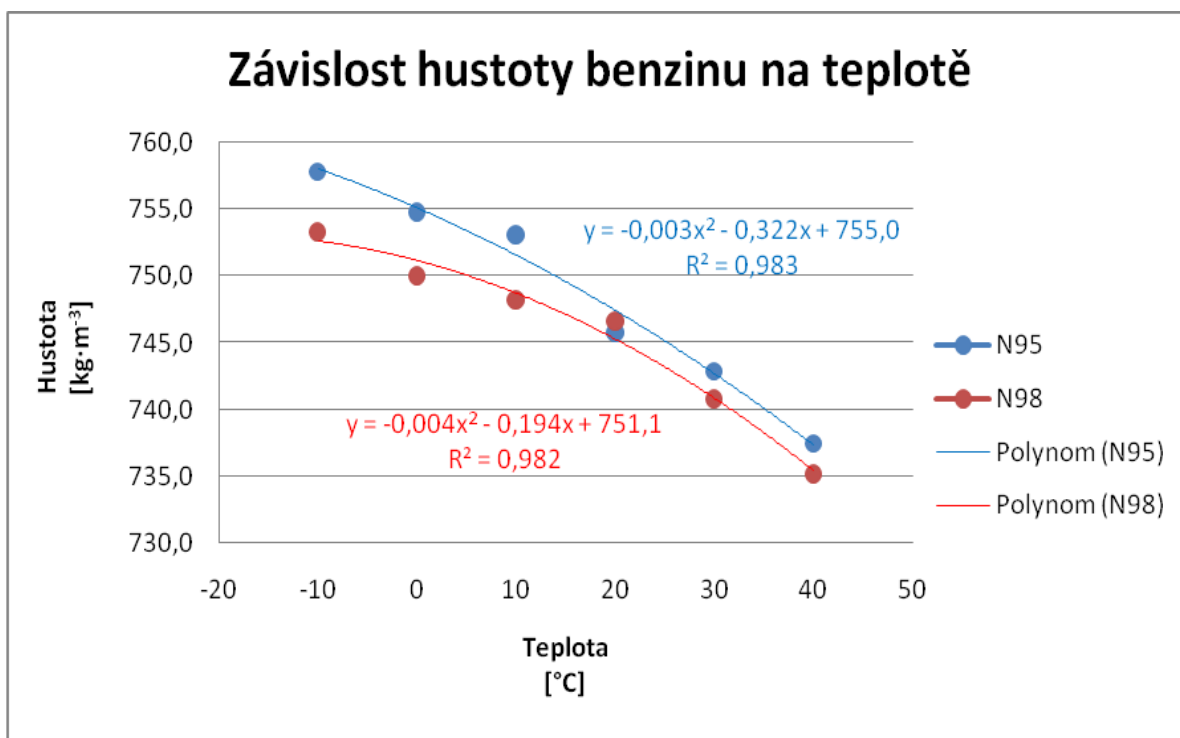
Tab. 8 Naměřené hodnoty

Teplota, °C	Dynamická viskozita, mPa·s		Hustota, kg·m ⁻³	
	N95	N98	N95	N98
-10	0,71	0,66	757,8	753,3
-5	0,67	0,63	-	-
0	0,65	0,62	754,8	750,0
5	0,63	0,62	-	-
10	0,59	0,60	753,1	748,2
15	0,59	0,59	-	-
20	0,58	0,57	745,8	746,6
25	0,58	0,56	-	-
30	0,56	0,56	742,9	740,8
35	0,53	0,55	-	-
40	0,53	0,54	737,5	735,2

Z výše naměřených hodnot byly vytvořeny grafy, viz obr. 23 a obr. 24.



Obr.23 Závislost dynamické viskozity benzínu na teplotě



Obr. 24 Závislost hustoty benzínu na teplotě

Z grafů je patrné, že při vzrůstající teplotě klesá dynamická viskozita obou dvou měřených druhů benzinů. Při teplotě -10 °C je rozdíl mezi hodnotami dynamických viskozit obou benzinů největší a s rostoucí teplotou se rozdíl snižuje. Když byly naměřené hodnoty proloženy polynomem druhého stupně, viskozity obou druhů benzinů si byly nejbližší při 20 °C. V celém rozsahu teplot klesala dynamická viskozita Naturalu95 rychleji než u Naturalu98.

Natural95 má při -10 °C vyšší hustotu než Natural98 a s rostoucí teplotou hustota u obou dvou vzorků klesá, stejně jako v práci Kumbár a kol. [56]

Naměřené hodnoty byly proloženy polynomem 2. stupně, čímž byla získána funkční závislost dynamické viskozity, resp. hustoty a teploty. Po vytvoření funkcí byl získán koeficient determinace, který ukazuje, zdali byla daná funkce použita vhodně.

U závislosti dynamické viskozity benzínu na teplotě byly vytvořeny funkce:

$$\text{N95: } \eta = 4 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,004 \cdot t + 0,651 \text{ [mPa}\cdot\text{s}; ^\circ\text{C}] \text{ s koeficientem determinace } \underline{R^2 = 0,968}$$

$$\text{N98: } \eta = 2 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0,002 \cdot t + 0,624 \text{ [mPa}\cdot\text{s}; ^\circ\text{C}] \text{ s koeficientem determinace } \underline{R^2 = 0,979}$$

U závislosti hustoty benzínu na teplotě byly vytvořeny funkce:

$$\text{N95: } \rho = -0,003 \cdot t^2 - 0,322 \cdot t + 755,0 \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}; ^\circ\text{C}] \text{ s koeficientem determinace } \underline{R^2 = 0,983}$$

$$\text{N98: } \rho = -0,004 \cdot t^2 - 0,194 \cdot t + 751,1 \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}; ^\circ\text{C}] \text{ s koeficientem determinace } \underline{R^2 = 0,982}$$

U použitých regresních funkcí se koeficient determinace R^2 pohyboval od 0,968 do 0,983. Tyto hodnoty dokazují vhodnost použití daných regresních funkcí.

ZÁVĚR

V úvodní části byla práce zaměřena na výrobu ropy. Ropa je hlavní surovinou při výrobě benzínu a její zásoby a výroba s benzinem úzce souvisí.

V teoretické části byla bakalářská práce věnována převážně benzinu. Benzin se dá považovat za dominující palivo pro spalovací motory a dá se předpokládat, že v blízké budoucnosti bude dominovat stále. Ačkoliv je cena benzínu na čerpacích stanicích většinou největší, jeho cena je stále únosná a benzin je k dostání na téměř každé čerpací stanici, což může být pro majitele vozu se spalovacím motorem jedním z hlavních důvodů, proč nepřecházet na jiné palivo. Dalším z důvodů může být dlouholetá historie výroby spalovacích motorů a dá se předpokládat, že většina chyb spalovacích motorů již byla, případně brzy bude automobilkami odstraněna.

V následující kapitole byl vytvořen seznam alternativních paliv, které by mohly v budoucnu benzin nahradit. U každého paliva byly doplněny jeho fyzikální vlastnosti, aby bylo možné tyto paliva porovnat s benzinem. V práci je uvedena také výroba benzínu a jeho nejzákladnější výhody a nevýhody. V dnešní době už existuje mnoho paliv, které by dokázaly benzin plnohodnotně nahradit, ovšem ještě nejsou zcela zaběhnutá, nebo jsou stále ve fázi výzkumu.

V praktické části bakalářské práce byl proveden experiment, který ověřoval závislost dynamické viskozity a hustoty benzínu na teplotě. Naměřené hodnoty byly zobrazeny v tabulce a byly vytvořeny grafy, kde byly naměřené hodnoty proloženy polynomem 2. stupně. U regresních funkcí byl sledován koeficient determinace R^2 , jehož vysoké hodnoty potvrdily vhodnost použitých funkcí.

Kvůli kladenému důrazu na uvolňující emise a postupnému zvyšování ceny benzínu se pomalu začíná stávat trendem přechod na LPG a CNG. Přechod na tyto typy paliv je zcela logický u lidí, kteří mají v blízkosti čerpací stanici s tímto typem paliva, protože cena benzínu pomalu ale jistě stále roste a zásoba ropy je nevyčerpatelná. Jelikož je zásoba fosilních paliv vyčerpatelná, přechod na alternativní paliva je nevyhnutelný, a čím dříve na tento přechod bude svět připraven, tím lépe.

REFERENCE

- [1] *Palivo* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://referaty.aktuality.sk/palivo/referat-29044>
- [2] *Ropa* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://www.petroleum.cz/ropa/>
- [3] *Ropa* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ropa>
- [4] *Havárie na Sibíři* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://extrastory.cz/otresne-snimky-ze-sibire-vylita-ropa-vsude-kam-se-podivas.html>
- [5] *Těžba ropy* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://www.ropa.cz/tezba-ropy/>
- [6] *Unikátní ropný pramen* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://www.infoglobe.cz/tip-na-vylet/sr-kysuce-korna-unikatni-ropny-pramen/>
- [7] *Česko získalo podíl v ropovodu TAL* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/1133522-cesko-posiluje-energetickou-bezpecnost-ziskalo-podil-v-ropovodu-tal>
- [8] *Způsob označování přepravních prostředků přepravujících nebezpečné látky* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/48/Nepovim/2.5.oznaceni_nl.pdf
- [9] *Základní požadavky na motorová paliva* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné na: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1988>
- [10] MATĚJOVSKÝ, V., 2005 *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 223 s ISBN 80-247-0350-5.
- [11] HROMÁDKO, J., 2011 *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-3475-0.
- [12] *Paliva* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://autaveskole.jaknahmyz.cz/paliva>

- [13] *Odsolování ropy* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-04.aspx>
- [14] *Zpracování ropy* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://oenergetice.cz/technologie/ropa-prumysl/zpracovani-ropy-2-cast-vyroba-pohonných-hmot/>
- [15] *Atmosférická destilace ropy* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-05.aspx>
- [16] *Hydrogenační rafinace* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-19.aspx>
- [17] *Význam a základy reformování benzinů* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-24.aspx>
- [18] *Benzin* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.chliffbikers.cz/technika/benzin/benzin.htm>
- [19] *Význam a základy izomerace* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-27.aspx>
- [20] *Bezolovnaté benziny* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<https://www.ceproas.cz/bezolovnate-benziny>
- [21] *Letecké palivo* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Leteck%C3%A9_palivo
- [22] *Paliva* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na: www.mjauto.cz/paliva
- [23] *Stávající požadavky na kvalitu automobilového benzínu* [online]. [cit. 2017-03-19].
Dostupné na: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/benzin-stavajici-pozadavky.aspx>
- [24] *Směšovací poměry* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na:
<https://publi.cz/books/160/15.html>

- [25] VLK, F., 2006 *Paliva a maziva motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 376 s. ISBN 80-239-6461-5.
- [26] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., 2005 *Automobily : Příslušenství*. 4. vyd. Brno: Avid, 305 s.
- [27] *Kvalita benzínu* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na: www.tipcars.com/magazin-vse-o-palivech-kvalita-benzinu-5-dil-7179.html
- [28] *Benzín* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné na: <http://www.petroleum.sk/benzin>
- [29] *Výhřevnost* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné na: www.files.zs-snp-vhk.webnode.cz/200000352-ed0d1ee088/Vyhrevnost.ppt
- [30] *Paliva zážehových motorů* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné na: <http://net-auto.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=376>
- [31] *Benzín* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Benz%C3%ADn>
- [32] *Technický benzín* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné na: <http://www.domino-efekty.cz/isde/referencni-analyza-domino-efektu/analyzovanalatkavinfrastrukture/62/preprava/>
- [33] *Ceny benzínu a nafty v ČR* [online]. [cit. 2017-03-21]. Dostupné na: <https://www.mbenzin.cz/>
- [34] *Ceny benzínu a ceny nafty* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné na: <http://www.penize.cz/ceny-benzinu-a-ceny-nafty>
- [35] *Proč stojí benzín a nafta tolik?* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné na: <http://www.penize.cz/spotrebni-dane/223858-male-penize-proc-stoji-benzin-a-nafta-tolik-nejvic-na-nich-vydela-stat>
- [36] *Historie cen benzínu* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné na: <http://www.benzin-nafta.eu/historie-cen/historie-cen-benzinu/>

- [37] *Oktanové číslo* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné na:
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/oktanove-cislo/>
- [38] *Čistota benzinového motoru* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na:
<http://www.ochranamotoru.cz/flashlube-ochrana-motoru-benzin-aditiva-cistic-vstrikovacich-trysek-test.php>
- [39] *Alternativní pohony motorových vozidel* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na:
<http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-04-212-224.pdf>
- [40] *Alternativní motorová paliva* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na:
<http://old.cappo.cz/veletrh2003/kittel.html>
- [41] *Základní informace o LPG* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na: <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auta-jizda-slapni-na-plyn-ropny-lpg-propan-butan.htm>
- [42] *Počet čerpacích stanic v ČR* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na:
<http://www.cerpaci-stance.eu/novinky/45-pocet-cerpacich-stance-v-ceske-republice-mirne-vzrostl>
- [43] *Co a k čemu je LPG* [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné na:
<https://www.primagas.cz/lpg>
- [44] *LPG* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LPG>
- [45] COKER, A., LUDWIG, E., 2007 *Ludwig's applied process design for chemical and petrochemical plants*. 4th ed. /. Boston: Elsevier Gulf Professional Pub., ISBN 9780750677660.
- [46] *Základní informace o CNG* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>
- [47] *CNG* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://www.cngplus.cz/>
- [48] *ČSN 38 6110* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na:
<http://csnonline.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=27227>

- [49] *Technologie plnění* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://www.jikovcng.cz/o-cng/technologie-plneni-a-plnici-stanice/>
- [50] *Vlastnosti CNG* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://www.cng.cz/cs/vlastnosti>
- [51] *CNG vs LPG* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://www.cngplus.cz/o-cng/cng-vs-lpg/>
- [52] *Vše o ethanolu E85* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <http://www.flexcar.cz/vse-o-ethanolu-e85>
- [53] *Bioethanol* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bioethanol>
- [54] *Výroba bioethanolu* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné na: <http://www.sterlingsihi.com/cms/cz/CzechRepublic/home/trhy/prumysl/potravinarsky-a-napojovy-prumysl/vyroba-bionafty-a-bioetanolu/vyroba-bioetanolu.html>
- [55] *Výroba bioethanolu z cukrové řepy* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné na: <http://kubusz.net/Bioethanol/technologie.html>
- [56] KUMBÁR, V., POLCAR, A., VOTAVA, J., Physical and mechanical properties of bioethanol and gasoline blends. *Listy cukrovarnické a řepařské: odborný časopis pro obor cukrovka-cukr-líh*. 2015. sv. 131, č. 3, s. 112-116. ISSN 1210-3306.
- [57] *EthanolE85* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné na: <http://point-s.cz/novinky/alternativni-paliva-etanol-e85/>
- [58] *Biobutanol* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné na: <https://www.enviwiki.cz/wiki/Biobutanol>
- [59] *Výroba paliv* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné na: <http://www.ekostrazce.cz/texty/vyroba-paliv>
- [60] *Biobutanol* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné na: http://www.petroleum.cz/upload/aprochem2009_204.pdf

- [61] *Vodíkový pohon* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné na:
<http://www.nazeleno.cz/vodikovy-pohon.dic>
- [62] *Vodík/palivové články* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné na:
<http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-123/>
- [63] KUMBÁR, V., DOSTÁL, P., Temperature dependence density and kinematic viscosity of petrol, bioethanol and their blends. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2014. sv. 51, č. 1, s. 175-179. ISSN 0552-9034.
URL: <http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2014/20143269006.pdf>
- [64] *Vodík: vlastnosti, výroba a využití* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné na:
<https://web.vscht.cz/~nadhernl/projektIV/vodik.html>
- [65] *Výroba vodíku parním reformováním* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné na:
<http://www.petroleum.cz/zpracovani/zpracovani-ropy-43.aspx>
- [66] *Výroba vodíku* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné na:
<http://www.trihybus.cz/index.php/cz/technologie/10-vyroba-vodiku>
- [67] *Příprava vodíku elektrolýzou vody* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné na:
<http://www.enviroexperiment.cz/chemie-2-stupen-zs/17137-priprava-vodik-elektrolyzou-vody>
- [68] *Jak se vyrábí palivo budoucnosti* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné na:
http://technet.idnes.cz/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku-p6d-/tec_tecnika.aspx?c=A080127_234744_tec_tecnika_vse
- [69] ZEHNÁLEK, J., 2005 *Chemie, paliva, maziva*. 2. vyd. /. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-7157-900-9.
- [70] *Vodík* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné na: <http://www.prvky.com/1.html>
- [71] *DV2T Viscometer* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné na:
http://www.brookfieldengineering.com/download/files/DV2T_Brochure.pdf

[72] *Hustoměr DENSITO 30PX* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné na:
www.verkon.cz/hustomer-prenosny-densito-30px-s-teplotni-kompenzaci-mettler-toledo

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam použitých obrázků:

Obr. 1: Ropa	11
Obr. 2: Ropné jezero ve slovenské obci Korňa.....	12
Obr. 3: Pumpa pro získávání ropy z nalezišť s nízkým tlakem.....	12
Obr. 4: Mapa ropovodů v ČR	13
Obr. 5: Oranžová tabulka benzínu či jiného paliva pro zážehové motory	13
Obr. 6: Schéma jednostupňového elektrostatického odsolování ropy	16
Obr. 7: Schéma atmosférické destilace	16
Obr. 8: Schéma hydrogenační rafinace benzínu	17
Obr. 9: Energetický obsah benzínu	23
Obr. 10: Směšovací poměr paliva a vzduchu	24
Obr. 11: Označení technického benzínu	26
Obr. 12: Kruhový graf konečné ceny benzínu	27
Obr. 13: Vývoj ceny benzínu od roku 2007 do roku 2011	27
Obr. 14: Důsledek aditiva na ventilech automobilu	28
Obr. 15: Důsledek aditiva na vstříkovací trysce paliva	28
Obr. 16: Schéma domácího plnicího zařízení	32
Obr. 17: Schéma rychlé plnicí stanice	32
Obr. 18: Postup výroby biobutanolu	35

Obr. 19: Parní reformování zemního plynu	37
Obr. 20: Výroba vodíku elektrolýzou	37
Obr. 21: Viskozimetr DV2T	39
Obr. 22: Hustoměr Densito 30PX	39
Obr. 23: Závislost dynamické viskozity benzínu na teplotě.....	41
Obr. 24: Závislost hustoty benzínu na teplotě.....	41

Seznam použitých tabulek:

Tab. 1: Požadavky na automobilový benzin.....	21
Tab. 2: Vývoj ceny benzínu od roku 2012 do roku 2016.....	27
Tab. 3: Fyzikální vlastnosti LPG.....	31
Tab. 4: Fyzikální vlastnosti CNG.....	32
Tab. 5: Vlastnosti bioetanolu.....	34
Tab. 6: Vlastnosti biobutanolu.....	35
Tab. 7: Vlastnosti vodíku.....	38
Tab. 8: Naměřené hodnoty.....	40