

Alternativní zdroje energie-biopaliva

Ivana Požárová

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivana POŽÁROVÁ**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**
Téma práce: **Alternativní zdroje energie – Biopaliva**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární průzkum současného stavu a perspektiv využití biopaliv, použít pro dopravu, k vytápění domů, ohřevu vody a možnými vývojovými trendy. 2. Pokuste se definovat výhody a problémy související s touto technologií a také aspekty jako je legislativa, státní podpora, propagace apod.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

K. Murtinger, Beranovský: Energie z biomasy, ISBN: 80-7366-071-7

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

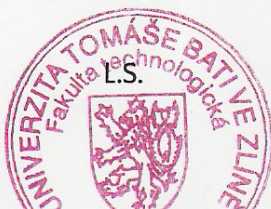
5. února 2007

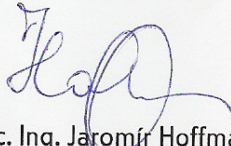
Termín odevzdání bakalářské práce:

11. června 2007

Ve Zlíně dne 1. února 2007


prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
děkan




doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Bakalářská práce je zaměřena na obnovitelné zdroje energie - konkrétně biopaliva, se zaměřením na alternativní motorová biopaliva. Popsány jsou současné poznatky o biopalivech, jejich vlastnostech a způsobech získávání, jakož i problémy s nimi spojené. Zmíněny jsou jak perspektiva využívání biopaliv (FAME, bioetanol, využití vodíku), tak i možnosti využití biomasy v ČR, včetně legislativy a státní podpory biopaliv v ČR a Evropské unii.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie, biomasa, biopaliva, FAME, bioetanol, vodíkový článek

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

Presented bachelor thesis deals with renewable energy sources. Biofuels are characterised and primarily alternative motor fuels are focused. Contemporary knowledges about biofuels are presented – their properties and method of extraction as the problems joined with them are outlined as well. Prospect of using biofuels (FAME, bioethanol and hydrogen use) are mentioned. The possibilities of biomass use in Czech republic are also incorporated with respect to legislation and state assistance in Czech republic and also in EU.

Keywords: renewable energy sources, biomass, biofuels, FAME, bioethanol, hydrogen fuel cells

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Marii Dvořáčkové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a projevenou ochotu při zpracovávání mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	5
1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	6
2 BIOPALIVA	7
2.1 VLASTNOSTI BIOPALIV	7
2.1.1 Vlhkost biopaliv	7
2.1.2 Výhřevnost biopaliv	7
2.1.3 Chemické složení hořlaviny paliva	7
2.2 MOŽNOSTI VYUŽITÍ BIOPALIV V ČESKÉ REPUBLICE.....	9
2.3 PROBLÉMY SOUVISEJÍCÍ S PRODUKČÍ BIOPALIV	9
2.4 BIOPALIVA DRUHÉ GENERACE	10
3 BIOMASA	12
3.1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ BIOMASY	14
3.1.1 Spalování.....	15
3.1.2 Termochemická přeměna	15
3.1.2.1 Zplyňování	15
3.1.2.2 Pyrolýza	16
3.1.3 Biochemická přeměna	16
3.1.3.1 Anaerobní fermentace.....	16
4 ALTERNATIVNÍ OBNOVITELNÁ MOTOROVÁ PALIVA	17
4.1 DEFINICE A VYMEZENÍ POJMŮ	17
4.2 KLASICKÁ MOTOROVÁ PALIVA	18
4.3 ZDROJE OBNOVITELNÝCH MOTOROVÝCH PALIV A ZPŮSOBY JEJICH VÝROBY	20
4.4 METYLESTERY MASTNÝCH KYSELIN	21
4.4.1 Rostlinné oleje, tuky a jejich modifikace jako motorové palivo.....	21
4.4.2 Výroba metylesterů mastných kyselin (FAME)	22
4.4.3 Vlastnosti metylesterů mastných kyselin.....	23
4.4.4 Emise vznikající při spalování FAME	24
4.5 BIOETANOL	24
4.5.1 Výroba bioetanolu	26
4.5.2 Získávání etanolu ze surovin obsahujících lignocelulózu.....	28
4.5.3 Výroba a přimíchávání éterů	28
4.5.4 Použití etanolu pro benzinové motory	29
4.5.5 Použití etanolu pro naftové motory	29
4.6 VODÍK JAKO NOSIČ ENERGIE.....	29
4.6.1 Spalování vodíku v klasických motorech	30
4.6.2 Využití vodíku v palivových článcích	31
4.6.2.1 Procesy probíhající v palivovém článku.....	31
4.6.3 Perspektivy využití vodíku.....	32
5 LEGISLATIVA A STÁTNÍ PODPORA	33

5.1	LEGISLATIVA V ČR	33
5.1.1	180/2005 Sb. - Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (účinný od 1. srpna 2005)	33
5.1.2	Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.....	34
5.1.3	Podpora motorových biopaliv v ČR.....	35
5.2	EVROPSKÁ UNIE A BIOPALIVA	36
5.2.1	Přímé platby zemědělcům v členských státech.....	36
5.2.2	Směrnice EU podporující motorová biopaliva.....	37
ZÁVĚR.....		38
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		42
SEZNAM OBRÁZKŮ		43
SEZNAM TABULEK.....		44

ÚVOD

V současné době se usilovně začíná hledat náhrada za fosilní zdroje energie, jejichž vyčerpání se neodkladně blíží. Poškození životního prostředí, způsobené jednak devastací krajiny při těžbě fosilních paliv a také emisemi, vznikajícími při jejich spalování, je dalším hnacím motorem při hledání nových, čistších zdrojů energie. Takovými jsou obnovitelné zdroje energie, jejichž pomocí získáváme energii environmentálně čistou. Tím napomáhají ke snížení emisí skleníkových plynů, které podle pozorování řady odborníků způsobují globální oteplování Země. Skleníkový efekt je sice přírodním jevem, bez kterého by nebyl život na Zemi možný, ale intenzivním spalováním fosilních paliv se do ovzduší uvolňuje nadměrné množství CO_2 , které zesiluje ochrannou vrstvu Země a díky tomu se teplota na Zemi zvyšuje. Zvýšení teploty například urychluje tání arktických ledovců, čímž dochází ke zvyšování hladiny moří a nebezpečí zaplavení částí přímořských a ostrovních států.

Jedním z důležitých obnovitelných zdrojů energie je biomasa, která má daleko širší význam než jen získání nového zdroje energie: přispívá k omezení skleníkového efektu, její intenzivní zeleň zlepšuje ekologii krajiny, umožňuje efektivní využití půdy a má i významné sociální aspekty, neboť přispívá k vytvoření nových pracovních příležitostí. Energií obsaženou v biomase lze získávat různými způsoby: termochemickou přeměnou (spalování, zplyňování, pyrolýza), biochemickou přeměnou (alkoholovým nebo metanovým kvašením) a fyzikální a chemickou přeměnou (mechanicky, chemicky). Při spalování biomasy se sice CO_2 také uvolňuje, ale protože biomasa vzniká v současnosti, je vznikající oxid uhličitý z ovzduší odčerpáván rostlinami a jeho bilance v ovzduší se tak vyrovnává. Čím více porostů energetických rostlin bude zakládáno, tím více CO_2 se bude z ovzduší odčerpávat.

Největším producentem emisí skleníkových plynů je automobilová doprava a tudíž je snaha o zlepšení kvality pohonných hmot přimícháváním biopaliv, které mají složení příznivější pro životní prostředí a tudíž jejich spalováním nevzniká tolik škodlivých emisí. V mé bakalářské práci jsem se podrobněji zaměřila právě na alternativní motorová biopaliva. Mezi ně patří hlavně bioetanol, který je přimícháván do benzínu, a metylestery mastných kyselin, přimíchávané do nafty. Další výhodou těchto biopaliv je také jejich složení, které je příbuzné složení pohonných hmot a tudíž jejich přimíchávání nevyžaduje žádnou úpravu spalovacího zařízení automobilů.

1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Obnovitelnými zdroji se dle zákona rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, kterými jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.

Obnovitelný zdroj energie je označení některých vybraných, na Zemi přístupných forem energie, které jsou získané především z jaderných přeměn v nitru Slunce. Těmito reakcemi se přeměňuje vodík na helium za uvolnění velkého množství energie. Do reakce vstupují čtyři protony vodíku, spojují se a vytváří jedno jádro helia. Hmotnost jádra helia je menší než hmotnost čtyř protonů vodíku. Rozdíl hmoty se při reakci přemění na energii. Ze Slunce je energie předávána Zemi ve formě záření. Z celkového výkonu vyzařovaného Sluncem dopadají na naši Zemi jen cca dvě miliardtiny, tj. asi $7,7 \cdot 10^{17}$ kW [2].

Pokud se tato energie přeměňuje nějakým technickým zařízením (sluneční kolektor, fotovoltaický článek) přímo, mluvíme obvykle o sluneční energii.

- Pokud je tato energie předtím vázána v živých organismech (většinou ve formě sloučenin uhlíku), mluvíme o energii biomasy.
- Pokud je tato energie vázána do potenciální energie vody, mluvíme o vodní energii.
- Pokud se tato energie přemění na kinetickou energii vzdušných mas, mluvíme o větrné energii.
- Větrná energie může uvést do pohybu vodu na hladinách oceánů. Pak tuto energii nazýváme energií vln.

Mezi obnovitelné zdroje se obvykle zařazuje navíc i energie u jaderných reakcí v nitru Země (geotermální energie) a kinetická energie soustavy Země – Měsíc, přeměněná na energii přílivu

Při energetickém využívání obnovitelných zdrojů je nutné hodnotit jejich teoretický, technický, hospodářský a využitelný potenciál. Teoretický potenciál je horní hranicí. Technický potenciál obnovitelných zdrojů se vyskytuje všude, kde svítí slunce, fouká vítr a teče voda. Hospodářsky využitelný potenciál hodnotí využitelnost těchto zdrojů podle hustoty energie a dalších charakteristik. Využitý potenciál ukazuje reálný stav.

2 BIOPALIVA

Biopaliva jsou paliva vyrobená z biomasy, využívaná k vytápění, výrobě elektrické energie nebo pohonu motorových vozidel.

Biopaliva můžeme dle skupenství rozdělit na pevná, kapalná a plynná. Mezi pevná biopaliva můžeme řadit např. dřevo, stébelniny, traviny a zemědělské odpady. Kapalná biopaliva jsou paliva získaná z olejnatých semen (řepka) a paliva získaná z plodin bohatých na cukry s škrob (obilí, brambory). Mezi plynná biopaliva řadíme dřevní plyn a skupinu skládkových plynů, kam patří i bioplyn s vysokým obsahem metanu.

2.1 Vlastnosti biopaliv

2.1.1 Vlhkost biopaliv

Biomasa vždy obsahuje nejméně 10 % vody, v průměru mají dřevo i štěpka asi 30 % vlhkosti. Při hoření se tato voda odpařuje a tím snižuje základní výhřevnost sušiny biomasy. Obsah vody výrazně ovlivňuje výhřevnost paliva, a to nejen zmenšením obsahu sušiny, ale i spotřebou energie na odpaření. Zvětšení obsahu vody ve dřevě z 20 na 40 % zvyšuje spotřebu paliva téměř o polovinu. Vzrůst obsahu vody na 50 % - což je běžný případ, zvyšuje spotřebu paliva na dvojnásobek. Z toho vyplývá, že je nutné dbát na vysušení paliva před spalováním.

2.1.2 Výhřevnost biopaliv

Výhřevnost je dána množstvím hořlaviny. Je to množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva, pokud se spaliny ochladí na původní teplotu, přičemž všechna voda vzniklá při spálení zůstane v parách. Výhřevnost zcela zdravého a suchého dřeva je poměrně vysoká: u listnáčů je to 18 MJ, u jehličnanů 19 MJ.kg⁻¹ [1]. Stejně hodnoty výhřevnosti mají stébelniny, zejména sláma obilovin a travin. To je asi necelá polovina výhřevnosti ropných paliv. Výhřevnost biopaliva se snižuje s rostoucí vlhkostí a také s časem, zejména činností mikroorganismů, hub a plísní.

2.1.3 Chemické složení hořlaviny paliva

Chemické složení hořlaviny různých druhů biomasy je uvedeno v tab. 4. Pro možnost srovnání je v tabulce uvedeno i složení běžného hnědého uhlí.

Velkou předností dřevní hmoty je to, že neobsahuje síru, a tak během spalování nevzniká škodlivý plynný exhalát SO_2 . To přispívá nejen ke zlepšení čistoty ovzduší, ale umožní i snížení teploty spalin odcházejících do komína.

Tabulka 1: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty [1]

Složka (%)	Dřevo			Kůra	Hnědé uhlí
	jehličnaté	listnaté	Smíšené		
uhlík	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
vodík	6,2	6,15	6,2	6,1	5,5
kyslík	42,2	43,25	42,7	42,2	23,0
síra	-	-	-	-	1,0
dusík	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
popeloviny	1,0	1,0	1,0	2,3	25,0

Tabulka 2: Základní složení fosilních paliv a biopaliv [1]

Palivo	Roz- mezí	Výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)	Podíl prchavé hořlavi- ny (%)	Obsah popelo- vin (%)	Vlh- kost (%)	Elementární složení				
						C	H	O	N	S
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Obilní sláma	min.	15	70	3,5	12	43,9	5,4	38	0,3	0,05
	max.	17,5	82	6,5	25	48	6,4	43,3	0,7	0,2
obiloviny	min.	15,5	76	3	12	45	6	39,5	1	0,09
	max.	18,5	79	5,6	25	46,6	6,9	42,6	1,8	0,2
Miscantus	min.	15	74	2,5	12	45	5,5	36	0,5	0,05
Sloní tráva	min.	17,6	79	8	40	49	6,4	41,3	1,7	0,3
	max.	17,6	79	8	40	49	6,4	41,3	1,7	0,3
Seno	min.	13,5	70	4,2	15	45	6	38,8	0,8	0,08
	max.	17,7	75	5,8	25	48,6	6,6	44,3	1,1	1,12
Dřevo	min.	16,9	70	0,2	10	45	5,3	41,4	0,1	0,02
	max.	19	85	3	60	52	6,5	46	1,7	0,3
Hnědé uhlí	min.	14	20	3	10	27,5	2,5	12	0,3	0,5
	max.	23	55	33	30	64	5,8	33	1,5	6
Černé uhlí	min.	27	10	3,7	10	65	2,8	5	0,9	0,5
	max.	32,5	40	17	30	84	5	9,1	2	1,5
Koks	min.	30	4	3	5	65	1	1	0,1	0,1
	max.	32,5	13	15	15	90	2	2	0,5	0,5
Řepkový olej	min.	35	100	0	do 0,5	77	12	11	0,1	0
Etanol		27	100	0	do 2	52	13	25	0	0

LTO		42,7	100	do 0,5	do 0,5	86	13	0,25	0,25	0,3
Zemní plyn	min.	32	100	0	do 0,5	19	80	-	0,2	0

2.2 Možnosti využití biopaliv v České republice

V České republice jsou hlavními představiteli kapalných biopaliv vylisované oleje jako je řepka, hořčice, sezam a další. Rozhodující podíl má však jen řepkový olej, zatímco ostatní nacházejí uplatnění v potravinářství, lakařském průmyslu či farmacii. Mezi plynná paliva patří dřevní plyn a bioplyn.

V současné době je k dispozici zhruba 8 mil. tun biopaliv v suchém stavu a odpovídá to asi 8 % potenciálu těženého uhlí. Z toho je možno odhadovat, že se energeticky využívá 1,5 až 2 mil., ale tento podíl stále roste se zaváděním topenišť na dřevo a slámu. Pokud bude zavedena výroba biopaliv z rostlin pěstovaných účelně a s vysokými výnosy a bude využíván spalitelný organický odpad, lze počítat v letech 2006 až 2010 s cca 10 až 12 mil. t a po roce 2020 s cca 15 až 20 mil. t biopaliv ročně.

Tabulka 3: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR [1]

Biopalivo	mil. t
Odpadní a palivové dřevo	1,7
Obilní a řepková sláma	2,7
Rychlerostoucí dřeviny a energetické plodiny	1,0
Komunální odpad	1,5
Spalitelný odpad z průmyslové výroby	1,0
Celkem	7,9

2.3 Problémy související s produkcí biopaliv

Obavy z dopadu na produkci potravin jsou závažné, a to zejména v rozvojových zemích. Evropa v budoucnu nebude schopna sama vypěstovat dost plodin k produkci biopaliv, a tak hrozí, že půda, která v rozvojových zemích slouží k obživě lidí, bude ještě více nahrazena plantážemi na biopaliva. To může vést podle expertů ke zrychlenému mýcení dešťných pralesů a úbytku biodiverzity. Škody na životním prostředí přinese také výstavba

infrastruktury a také to, že k produkci biopaliv se hojně používají pesticidy a další chemikálie.

Proti masivnímu rozšiřování produkce klasických biopaliv se staví také producenti biopotravin. Jejich produkce je totiž podobně jako produkce biopaliv náročná na půdní rozlohy a tudíž si tyto dvě odvětví konkurují v boji o půdu. Producenti biopotravin nepoužívají pesticidy a umělá hnojiva, mají nižší výnosy, a potřebují tak na jednotku produkce více půdy než konvenční zemědělci. Podle odhadů by Evropská unie potřebovala k produkci jednoho až dvou procent své spotřeby pohonných hmot celých 18 % orné půdy, která je k dispozici.

Produkce bionafty zvýšila spotřebu řepky v EU a tím zvýšila ceny jedlých olejů na rekordní úroveň. V Brazílii, která je největším světovým výrobcem etanolu a zatím téměř jediným jeho vývozcem, se pod tlakem potřeby biopaliv mýtí deštné pralesy a ze savan se stávají obří plantáže. Tropické pralesy ubývají také kvůli produkci palmového oleje na biopalivo v Indonésii a Malajsii. V Číně nedávno vláda zastavila výstavbu závodu na etanol s obavami, že dojde k ohrožení potravinové bezpečnosti země a v Mexiku prudké zdražení tortilly kvůli poptávce po kukuřici v USA vyvolalo v lednu silné protesty.

2.4 Biopaliva druhé generace

Biopaliva druhé generace jsou paliva vyráběná z nezemědělských a odpadových surovin. Jejich produkce je však teprve v počátcích a bude potřebovat vysoké investice. Experti je ale považují za nadějnější než biopaliva ze zemědělských plodin, protože ta jsou ekologicky i ekonomicky silně problematická. Podle výzkumů spotřebovává výroba a distribuce klasických biopaliv často více energie, než sama dodávají. Přitom se jedná převážně o energii z fosilních paliv, která zvyšují koncentrace skleníkových plynů a tím působí oteplování Země. Cílem Evropské komise je zvýšení podílu biopaliv v pohonných hmotách v EU do roku 2020 na 10 %. Z informací EU vyplývá, že z tradičních zdrojů, jako je řepka nebo kukuřice, se tyto cíle podílu biopaliv v benzínu nemohou splnit. Proto chtějí podporovat druhou generaci biopaliv, což znamená produkci z lignocelulózy, slámy nebo dřevěného odpadu. Tato nová biopaliva mají mít oproti těm klasickým vyšší množství energie, lepší kvalitu, příznivější velkovou ekologickou bilanci a nebudou tolik konkurovat potravinové produkci.

S konkrétními plány rozvoje celulózových biopaliv z dřevěných odštěpků, pilin, odpadů z plodin a dalších surovin již přišly USA. Americká vláda plánuje podpořit jejich vývoj částkou 1,6 miliardy dolarů.

3 BIOMASA

Biomasa je definována jako substance organického původu, vznikající díky dopadající sluneční energii prostřednictvím fotosyntézy. Pro energetické účely se využívá biomasa buď záměrně získaná cíleným pěstováním rostlin nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství apod..

Energetickou biomasu můžeme rozdělit do pěti základních skupin:

1. fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy
2. fytomasa olejnatých plodin
3. fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru
4. organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu
5. směsi různých organických odpadů

Podle obsahu vody lze biomasu rozdělit:

- *suchá* – s vlhkostí 40%, kterou je možné po vysušení spalovat (dřevo, obilná sláma, biomasa jiných energetických plodin)
- *vlhká* – s vlhkostí nad 40%, která se využívá zpravidla k výrobě bioplynu (kejda, hnůj, kaly z čističek OV)

Pro získávání energie se využívá:

- b) Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu – energetické plodiny:

Tabulka 4: Energetické plodiny [3]

Lignocelulózové	Dřeviny (vrby, olše, topoly, akáty)
	Obiloviny (celé rostliny)
	Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)
	Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)
Olejnaté	Řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno
Škrobno-cukernaté	Brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), cukrová třtina, kukuřice

c) Biomasa odpadní

- Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, atd.)
- Odpady z živočišné výroby (hnůj, kejda, zbytky krmiv, atd.)
- Komunální organické odpady z venkovských sídel (kaly, organický tuhý komunální odpad)
- Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob (odpady z mlékáren, lihovarů a konzerváren, spalitelné odpady z dřevařských provozoven)
- Lesní odpady (dendromasa)

Čím je limitováno využití biomasy k energetickým účelům?

- Produkce biomasy k energetickým účelům konkuruje jiným způsobům využití biomasy (např. k potravinářským a krmivářským účelům).
- Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy nebo zvyšovat intenzitu výroby biomasy a to přináší potřebu zvyšovat investice do výroby biomasy.
- Získávání energie z biomasy v dnešních podmínkách obtížně ekonomicky konkuruje využití neobnovitelných energetických zdrojů.
- Z celosvětového hlediska je maximální využití zdrojů biomasy k energetickým účelům problematické vzhledem k rozmístění zdrojů biomasy a spotřebičů energie. Vystávají potíže s akumulací, transportem a distribucí získané energie.

Existují ale také nesporné výhody využití biomasy k energetickým účelům:

- Dochází k menším negativním dopadům na životní prostředí.
- Biomasa jako zdroj energie má obnovitelný charakter.
- Jedná se o tuzemský zdroj energie a tudíž se snižuje spotřeba dovážených energetických zdrojů.
- Zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny.
- Dochází k účelnému využití spalitelných, někdy i toxických odpadů.
- Řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péče o ni.

3.1 Možnosti využití biomasy

Způsob využití biomasy k energetickým účelům je předurčen jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Důležitým parametrem je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. 50% sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi (obsah sušiny je menší než 50%) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50%). Lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy (viz tab. 5) a přípravy biomasy pro energetické účely:

- a) Termochemická přeměna biomasy (suché procesy pro energetické využití biomasy)
 - spalování
 - zplyňování
 - pyrolýza
- b) Biochemická přeměna biomasy (mokré procesy pro energetické využití biomasy)
 - alkoholové kvašení
 - metanové kvašení
- c) Fyzikální a chemická přeměna biomasy
 - mechanicky (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí apod.)
 - chemicky (esterifikace surových bioolejů)
- d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (např. při kompostování, aerobním čištění OV, anaerobní fermentace pevných organických odpadů apod.)

Tabulka 5: Způsoby získávání energie z biomasy [1]

Typ konverze biomasy	Způsob konverze biomasy	Energetický výstup	Odpadní materiál, druhotná surovina
	Spalování	Teplo vázané na nosič	popeloviny
Termochemická konverze (suché procesy)	Zplyňování	generátorový plyn	dehtový olej, uhlíkaté palivo
	Pyrolýza	generátorový plyn	dehtový olej, pevné hořlavé zbytky
Biochemická konv.	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný

(mokrý procesy)			substrát
	aerobní fermentace	Teplo vázané na nosič	fermentovaný substrát
Fyzikálně-chemická konverze	esterifikace bioolejů	metylester biooleje	Glycerin

V praxi převládá ze suchých procesů spalování biomasy a z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z ostatních způsobů dominuje výroba metylesteru kyselin bioolejů získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin.

3.1.1 Spalování

Spalování paliv je chemický pochod, při kterém se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem. Při tomto procesu se uvolňuje teplo, jedná se tedy o exotermickou reakci. Aby bylo možné docílit efektivního spalování s příznivým dopadem na životní prostředí, je nutný co nejnižší obsah vlhkosti paliva. Při spalování biomasa z velké části zplyňuje. Působením vysokých teplot se uvolňují hořlavé plynné složky, které mají různé spalovací teploty.

3.1.2 Termochemická přeměna

Termické procesy jsou zatím nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy. Obecně jde o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu nebo s minimálním přívodem vzduchu.

3.1.2.1 Zplyňování

Zplyňování je tepelná přeměna pevných paliv na plynné. Chemicky vázaná energie téměř úplně přechází z jedné do druhé formy paliva a dochází přitom k výměně látek. Výhodou tohoto postupu je, že energie lze přímo využívat k výrobě mechanické energie. Pro zplyňování je nejvhodnější palivové nebo odpadní dřevo. Většinou se dřevo zplyňuje za přístupu vzduchu. Zplyňování dřeva ve zplyňovači má následující průběh: sušení, pyrolýza, oxidace a redukce.

3.1.2.2 Pyrolýza

Pyrolýza je termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které se mohou využívat k syntézním výrobám nebo jako topný olej, příp. topný plyn. Podle druhu zpracovávaného materiálu a požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném nebo i sníženém tlaku za vysokých nebo nízkých teplot.

Při použití katalytické pyrolýzy je možné zpracovávat i tuhé komunální odpady, odpadní plasty, papír, pneumatiky apod.

3.1.3 Biochemická přeměna

3.1.3.1 Anaerobní fermentace

Jedná se o složitý biochemický proces, který se skládá z několika dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Celý proces popisuje zjednodušené schéma anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů (obr. 2), který rozděluje proces do čtyř základních fází [1]:

1. fáze – *Hydrolyza* – probíhá v aerobním prostředí. Předpokladem je dostatečná vlhkost – nad 50 % hmotnostního podílu. Dochází k enzymatickému rozkladu polymerů (polysacharidy, proteiny, lipidy) na jednodušší organické látky (monomery)
2. fáze – *Acidogeneze* – materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, dochází však definitivně k vytvoření anaerobního prostředí. Tuto přeměnu zajistí kmeny fakultativních anaerobních MO, které se aktivují v obou prostředích. Vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy)
3. fáze – *Acetogeneze* – označovaná jako mezifáze, acidogenní kmeny bakterií transformují vyšší organické látky na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.
4. fáze – *Metanogeneze* – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého

4 ALTERNATIVNÍ OBNOVITELNÁ MOTOROVÁ PALIVA

Vývoj vozidel a jejich motorového pohonu bude v budoucnosti více určován podle ekologických hledisek v důsledku stále přísnějších norem pro výfukové plyny. Také opatření na snížení spotřeby a emise CO₂ budou mít stále větší vliv na optimalizaci koncepcí vozidel a pohonu. Na automobilový průmysl je vyvíjen značný tlak, protože emise CO₂ budou ve srovnání s trendy ostatních škodlivin až do roku 2010 stoupat.

Nejvyšší účinnost jako individuální agregát k pohonu vozidla by měl mít palivový článek na vodík. Předpokladem je ovšem dispozice vodíku. Ke snížení emisí může vodík přispět jen tehdy, pokud se bude vyrábět regenerativně. Existují však tři technologické bariéry bránící takovéto výrobě: pro mobilní používání chybí vyřešený vysokotlaký skladovací akumulátor, chybějící infrastruktura a chybí i ekonomicky únosná technologie pro regenerační výrobu vodíku. Kvůli těmto bariérám představuje vodík jen dlouhodobé řešení.

Tři podstatné požadavky na motorová paliva v budoucnosti

- Zaručené zajištění dodávek
- Celková ekonomická únosnost
- Zohlednění požadavků na ochranu prostředí a klimatu

nemůže dnes žádný jednotlivý nosič energie, ani vodík, splnit.

4.1 Definice a vymezení pojmů

V souladu s platnou legislativou jsou použity tyto pojmy a definice:

- Biopalivo* je kapalné nebo plynné palivo pro dopravu, vyrobené z biomasy
- Biomasa* je biologicky odbouratelná část produktů, odpadu a zbytků ze zemědělství, lesnictví a příbuzných průmyslových odvětví, i biologicky odbouratelná část průmyslového a městského odpadu
- Ostatní obnovitelná paliva* jsou obnovitelná paliva jiná než biopaliva, která vznikají ze zdrojů obnovitelné energie a jsou používána pro účely dopravy
- Obsah energie* je výhřevnost paliva. Vyjadřujeme ji v jednotkách *tuna ropného ekvivalentu* (toe), kde $1 \text{ toe} = 41,868 \text{ GJ} = 11,63 \text{ MW.h}$

Za biopaliva jsou pokládány tyto produkty:

- a. *Bioetanol* – etanol vyráběný z biomasy a/nebo biologicky odbouratelná část odpadu používaná jako biopalivo
- b. *Bionafta* – metylester vyráběný z rostlinného nebo živočišného oleje, stejné kvality jako nafta, používaný jako biopalivo
- c. *Bioplyn* – palivový plyn vyráběný z biomasy a/nebo z biologicky odbouratelné části odpadu, který může být vyčištěn do kvality zemního plynu, používaný jako biopalivo nebo dřevní plyn
- d. *Biometanol* – metanol vyráběný z biomasy, používaný jako biopalivo
- e. *Biodimetyléter* – dimetyléter vyráběný z biomasy, používaný jako biopalivo
- f. *Bio-ETBE (etyl-tercio-butyl-éter)* – ETBE vyráběný na bázi biometanolu. Podíl objemu bio-ETBE, který je pokládán za biopalivo, je 47%
- g. *Bio-MTBE (metyl-tercio-butyl-éter)* – palivo vyráběné na bázi biometanolu. Podíl objemu bio-MTBE, který je pokládán za biopalivo je 36%
- h. *Syntetická biopaliva* – syntetické uhlovodany nebo směsi syntetických uhlovodanů, které byly vyrobeny z biomasy
- i. *Biovodík* – vodík vyrobený z biomasy a/nebo biologicky odbouratelné části odpadu, používaný jako biopalivo
- j. *Čistý rostlinný olej* – olej vyrobený z olejových plodin lisováním, extrakcí nebo srovnatelnými postupy, nezpracovaný nebo rafinovaný, avšak chemicky nezměněný, je-li kompatibilní s typem motoru, pro který je použit, a s odpovídajícími emisními požadavky

4.2 Klasická motorová paliva

V souladu se snahou postupně snižovat dopady klasických motorových paliv na životní prostředí dochází postupně snižování škodlivin, které jsou v pohonných hmotách obsaženy. Jedná se zejména o olovo, síru a aromatické uhlovodíky. Olovo bylo již z pohonných hmot na českém trhu odstraněno. Benzin Speciál, který obsahoval olovo byl nahrazen benzinem stejného jména, ale olovo bylo nahrazeno jinými příměsemi (draselné soli). Dalším úkolem je snižování obsahu síry v palivech. Limity stanovené pro Evropský trh jsou následující:

dující: do konce roku 2004 bylo možno dodávat benziny s obsahem síry max. 150, 50 nebo 10 mg/kg (ppm). Do konce roku 2008 je možné dodávat benziny s obsahem síry max. 50 nebo 10 mg/kg. Od 1.1.2009 se budou moci dodávat pouze tzv. bezsirná paliva, která mají obsah síry max 10 mg/kg (ppm). Celkové požadavky na tradiční motorová paliva jsou uvedeny v normách EN 228 (pro benziny) a EN 590 (pro motorovou naftu). Vývoj požadavků na klasická motorová paliva v jednotlivých letech je shrnut v tab. 6.

Tabulka 6.: Požadavky na tradiční motorová paliva [1]

	1993	1995	1996	2000	2005	2009
Bezolovnatý benzin 95/85	EN 228					
Obsah síry [ppm max.]	1000	500		150	50/10	10
Obsah benzenu [obj. % max.]	5	-	-	1	-	-
Uhlovodíky – aromáty [obj. % max.]	-	-	-	42	35	-
Uhlovodíky – olefiny [obj. % max.]	-	-	-	18	-	-
Obsah kyslíku [hm. % max.]	1,5	-	-	2,7	-	-
Tlak par RVP [kPa max.]	až 80	-	-	60	-	-
Odpařené množství [obj. % min.]	40	-	-	46	-	-
Konec destilace [°C max.]	215	-	-	210	-	-
Motorová nafta (standardní kvalita)	EN 590					
Cetanový index [min.]	46	-	-	46	-	-
Cetanové číslo [min.]	49	-	-	51	-	-
-Síra [ppm max.]	2000	-	500	350	50/10	10
Hustota [kg/m ³ min.]	820	-	-	820	-	-
Hustota [kg/m ³ max.]	860	-	-	845	-	-
Destilační zkouška [°C max.]	370	-	-	360	-	-
Obsah polyaromátů [hm. % max.]	-	-	-	11	-	-
Mazivost [μm při 60°C max.]	-	-	460	460	-	-

Další paliva využívaná pro pohon motorových vozidel:

- Paliva z ropy: LPG pro automobily – vedlejší produkt zpracování ropy nebo zemního plynu
- Paliva minerálního původu – Stlačený zemní plyn (CNG), zkapalněný zemní plyn (LNG)

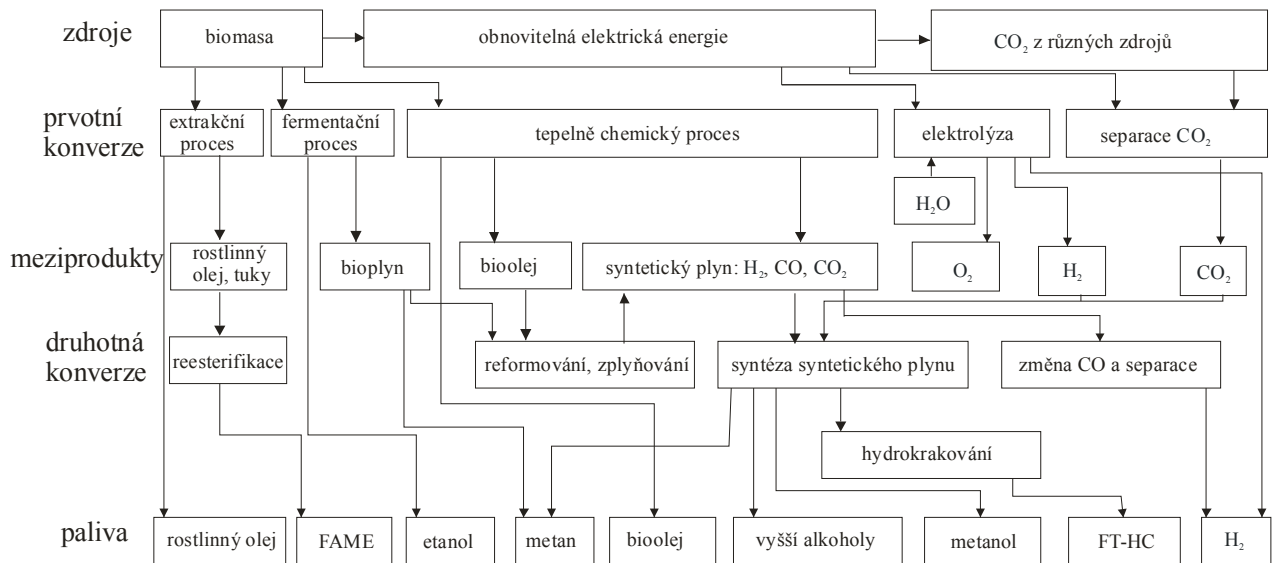
- Syntetická ropa a paliva z ní vyrobené – produktem je kvalitní, bezsirá, nízkoaromatická motorová nafta
- Metanol – vyráběný ze zemního plynu, může být také produkován z uhlí, dřeva nebo komunálních odpadů
- Dimethyléter (DME) – vyrábí se ze zemního plynu podobnými technologiemi jako metanol
- Generátorový a vysokopecní plyn
- Paliva biologického původu – bioetanol, bionafta, bioplyn, dřevoplyn
- Paliva různého původu – vodík, peroxid vodíku, étery (MTBE, ETBE, TAME, DIPE)

4.3 Zdroje obnovitelných motorových paliv a způsoby jejich výroby

Biomasa je hlavním zdrojem obnovitelných paliv. Dále je to obnovitelná elektrická energie a atmosférický a koncentrovaný CO₂. Existují tři hlavní způsoby konverze biomasy na palivo pro dopravu a pohon motorů:

- Extrakce biooleje u olejnin
- Fermentace plodin bohatých na škrob a cukr nebo celulózových produktů s přeměnou na alkohol, anaerobní fermentace organických materiálů na bioplyn
- Zplyňování biomasy, čištění a využití získaného plynu, popř. jeho další syntéza

Zdroje, uplatňované a možné způsoby přípravy motorových paliv jsou znázorněné na obr. 3. Různé konverzní cesty a postupy jsou z časového hlediska rozděleny na současné (vlevo), středně- a dlouhodobé (vpravo) aplikace.



Obr. 1: Konverzní cesty a zdroje různých obnovitelných paliv [1]

4.4 Metylestery mastných kyselin

Metylestery mastných kyselin (FAME), zejména z řepkového oleje, jsou si s motorovou naftou strukturálně velmi podobné. Polární skupina esterů vede ke zlepšení mazací schopnosti pohonné hmoty. Bionaftou se smí podle českých norem označovat jen čistý metylester. Po smíchání tohoto metylesteru s motorovou naftou pak nese označení „směsná nafta“. Směsná nafta tedy obsahuje minimálně 31 % FAME a zbytek tvoří motorová nafta pro mírné klima. Tato směsná nafta by měla dnes obsahovat minimálně nulové množství síry a maximálně 40 mg/kg (ČSN 65 6508).

Bionafta má o něco nižší výkon než klasická nafta získaná z ropy.

4.4.1 Rostlinné oleje, tuky a jejich modifikace jako motorové palivo

Olejnata semena se zpracovávají nejen v průmyslových olejárnách, ale i v decentralizovaných provozech.

V centrálních olejových mlýnech jsou olejnata semena s obsahem oleje víc než 20 hm. % po předchozím kondicionování¹ na 80 až 90 °C lisována šnekovými lisami. Tím se získá asi

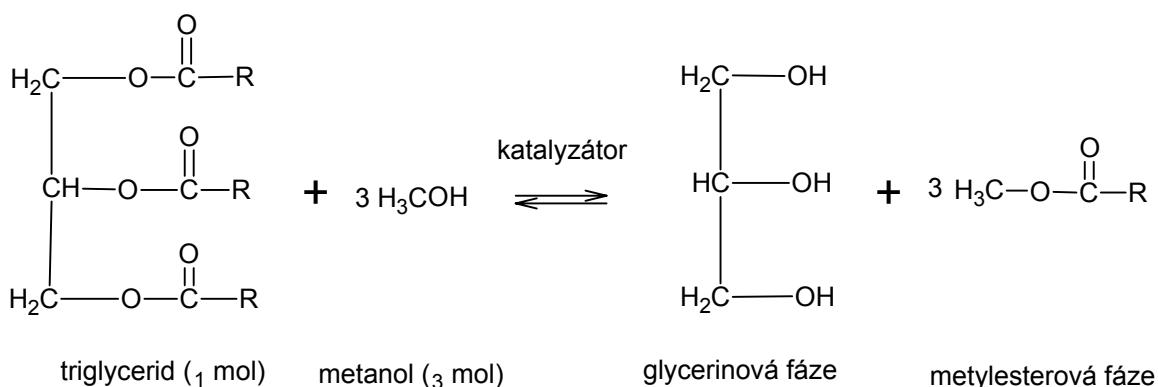
¹ Kondicionování zlepšuje mechanickou separaci oleje, deaktivuje některé enzymy a zajišťuje přiměřený obsah vlhkosti.

50 % obsahu oleje. Pokrutiny² z lisu jsou drceny a dopravovány do extraktoru, kde se protiproudě extrahují technickým rozpouštědlem, nejčastěji hexanem. Z extraktu – miscely se po filtraci oddestiluje rozpouštědlo. Z vyextrahovaného produktu se v toasteru odstraňují zbytky rozpouštědla vodní parou a po vysušení a ochlazení se získá šrot s obsahem 1,5 až 2 % m/m oleje. Surový olej je tvořen olejem z lisování a olejem z extrakce. Takto získaný olej je nutno rafinovat, protože obsahuje velké množství rozpustných doprovodných látek olejninu. Procesem nazývaným „deguming“ se odstraňují fosfolipidy a neutralizací volné mastné kyseliny. Během bělení jsou odstraňovány z oleje pigmenty (karotenoidy, chlorofyl), stopy kovů i složky síry. Dezodorizace s odstraňováním zápachu a chuťových příměsí doplňuje rafinační postup. Po rafinaci má olej kvalitu jedlého oleje. Účinnost tohoto procesu se pohybuje kolem 98 %. Potřeba energie na tento proces je cca 1,7 GJ.t⁻¹ olejových semen [1].

4.4.2 Výroba metylesterů mastných kyselin (FAME)

Metylestery mastných kyselin se vyrábí z triglyceridů, které tvoří kolem 98 % rostlinných olejů a živočišných tuků. Zbytek tvoří di- a monoglyceridy, volné mastné kyseliny a lipidy. Výroba je založena na katalyzované esterifikaci nebo reesterifikaci s alkoholem, především metanolem.

Reesterifikací řepkového oleje s metanolem vznikají dvě fáze dle rovnice:



² Zbytky semen po vylisování oleje z olejnatých rostlin. Používají se jako krmivo s vysokým obsahem bílkovin a tuků

Po dosažení rovnovážného stavu zůstávají v reakční směsi přítomny přechodně reakční produkty, jako mono- a diglyceridy mastných kyselin, nezareagovaný olej (tj. triglyceridy) a metanol (dávkuje se vždy v nadbytku). Reakcí katalyzátoru s přítomnými mastnými kyselinami i s olejem samotným vznikají soli mastných kyselin a stejně jako při reesterifikaci směs glyceridů a glycerinu. Tato směs sloučenin oleje a tuků je navzájem omezeně mísitelná a rozdělí se na dvě fáze. V dolní fázi surového glycerinu jsou vedle glycerolu přítomny: metanol, glyceridy, metylestery, soli mastných kyselin, katalyzátor, voda a většina doprovodných látek (barviva) z olejů a tuků. Ve vrchní vrstvě jsou hlavní složkou metylestery, které jsou znečištěny metanolem, glyceridy s nepatrným množstvím vody, solí, glycerinem a mastnými kyselinami. Proto je u obou fází nutná rafinace na standardizovanou kvalitu.

Při zpracování použitých kuchyňského oleje a kafilerních tuků vykazují tyto suroviny některé výrazné zvláštnosti v porovnání s řepkovým olejem:

- Vyšší podíl volných mastných kyselin
- Nepříznivé spektrum mastných kyselin
- Vysoké procento živočišných tuků nebo jinak saturovaných mastných kyselin má negativní vliv na teplotu tavení

4.4.3 Vlastnosti metylesterů mastných kyselin

Charakteristické vlastnosti metylesterů jsou ovlivňovány surovinou a způsobem technologického procesu jejich výroby.

Číslo kyselosti, obsah metanolu, bod vzplanutí a podíl zbytkových glyceridů závisí na technologickém procesu. Další charakteristické ukazatele jsou určeny především spektrem mastných kyselin, tedy surovinou.

Metylestery jsou hygroskopické, voda může vést k hydrolýze, korozi a následným problémům. Tyto lze minimalizovat vhodnými aditivy. Jsou velmi dobře rozložitelné z 98 % za 21 dnů.

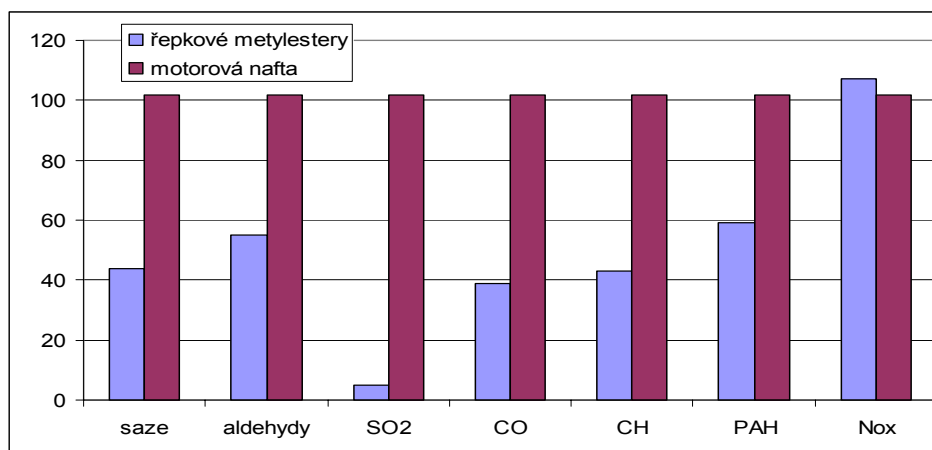
Jodové číslo udává hmotnost jodu vázaného na vzorek za specifických podmínek. Je vyjádřeno v 1 g jodu na 100 g vzorku k adici na dvojně vazby. Je mírou obsahu kyseliny olejové, linolové a linolenové. Mezní hodnota tohoto čísla zaručuje, že při spalování pohonné

hmoty se zamezí sklonu ke karbonizaci a znečištění spalovacího prostoru. Mezní hodnota jodového čísla daná evropskou normou je max. 120 gJ/100 g tuku.

Cetanové číslo vyjadřuje reaktivitu biopaliva jako schopnost snadno a rychle vzplanout. Při malém cetanovém čísle vznikají potíže se startováním, tvrdým chodem, tvorbou úsad atd. Vysoký podíl metylesterů nasycených mastných kyselin s krátkými řetězci vede k nízkému cetanovému číslu. Obecně je cetanové číslo u metylesterů vyšší než u motorové nafty.

4.4.4 Emise vznikající při spalování FAME

Při provozu je ve srovnání s motorovou naftou zhruba poloviční kouřivost. U dalších emisních složek (až na NO_x) je složení výrazně příznivější.



Obr. 2: Porovnání emisí řepkových metylesterů a motorové nafty [1]

4.5 Bioetanol

Podle zákona o lihu se bioetanolem rozumí líh kvasný, vyráběný z cukerných nebo škrobnatých surovin, který je určen k použití pouze jako zdroj obnovitelné energie v pohonných hmotách a jako palivo při výrobě energie nebo tepla. Je možné jej použít jako čistou pohonnou hmotu, jako směsnou pohonnou hmotu a po chemické přeměně. Bioetanol v čisté formě nemůže být použit do konvenčních motorů, ale jsou vyžadovány motory na čistý bioetanol.

Požadavky na kvalitu bioetanolu určeného k použití do automobilových benzinů (technické požadavky a metody zkoušení) jsou obsahem ČSN 65 6511 (tab. 6).

Tabulka 7: Požadavky na palivový bioetanol podle ČSN 65 6511 [1]

Vlastnosti	Jednotka	Mezní hodnoty	
		minimálně	maximálně
Vzhled		Čitý, bez zákalů a sedlin	
Obsah etanolu před denaturací	(%) V/V	99,7	-
Obsah vody	(%) V/V	-	0,39
Hustota (při 20°C)	kg.m ⁻³	791	-
Obsah etanolu po denaturaci	(%) V/V	95,6	-
Obsah volných kyselin	mg/le	-	50
Odparek	mg/le	-	15
Obsah denaturačního prostředku	(%) V/V	2,0	4,0

V ČR jsou podle vyhlášky ministerstva průmyslu a obchodu č. 229/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pohonné hmoty pro provoz vozidel na pozemních komunikacích a způsob sledování a monitorování jejich vlastností, za biopaliva na bázi biolihu považovány příměsi do benzínu, jednak bioetanol a jednak bio-etylterc-butylether (ETBE) vyrobený z bioetanolu. Samostatné použití bioetanolu je podle vyhlášky možné, pokud jeho použití dovozuje výrobce motoru. Norma ČSN EN 228 „Motorová paliva-Bezolovnaté automobilové benziny-Technické požadavky a metody zkoušení“ stanovuje, že celkový obsah kyslíku v benzínu nesmí překročit 2,7 %, a tak omezuje množství bioetanolu a jiných kyslíkatých přísad.

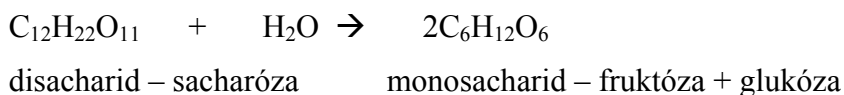
Pokud uvažujeme o nahrazení nafty a benzínu bioetanolem, musíme vzít v úvahu hlavně ty vlastnosti etanolu, které se výrazně odlišují od vlastností nafty a benzínu. Mezi hlavní odlišnosti patří výhřevnost, vznětlivost vyjádřená cetanovým číslem (CČ), antidetonační odolnost vyjádřenou oktanovým číslem (OVČM) a mazací schopnost. Etanol má v porovnání s naftou i s benzinem nízkou výhřevnost, v porovnání s naftou velmi nízké CČ a velmi malou mazací schopnost a v porovnání s benzinem vysoké OVČM. Z hlediska průběhu spalování je výhodné určité množství kyslíku, ale jeho vysoký obsah zapříčiňuje nízkou výhřevnost. Etanol může způsobit korozi některých součástí, což jde zmírnit přidáním inhibitorů koroze do paliva. Přínosem etanolového paliva je také přibližně o 5 % nižší produkce CO₂ než při spalování fosilních motorových paliv.

4.5.1 Výroba bioetanolu

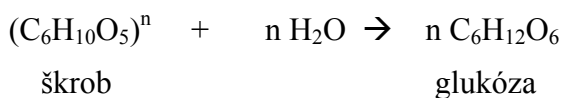
Výroba etanolu ze škrobu a cukru je již dlouho známá technologie. Příprava suroviny, fermentace, destilace, rektifikace a odvodnění dnes dosáhly velmi vysoké úrovně vývoje. Mezinárodní výzkum a vývoj se nyní zaměřuje na vývoj způsobu výroby bioetanolu z lignocelulózových surovin.

Přestože nejvýnosnější plodinou k výrobě kvasného lihu v našich podmínkách je cukrovka, pro mnohé důvody se dává přednost obilovinám. Mezi tyto důvody patří vznikající přebytky, relativní agrotechnická nenáročnost, zavedená technologie sklizně a skladování. Předpokladem je pěstování hustě setých obilovin a vhodných odrůd.

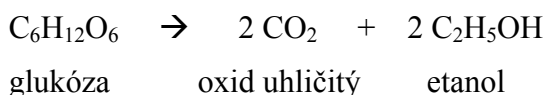
Přeměnou sacharózy z cukrové řepy vznikají jednoduché cukry dle rovnice:



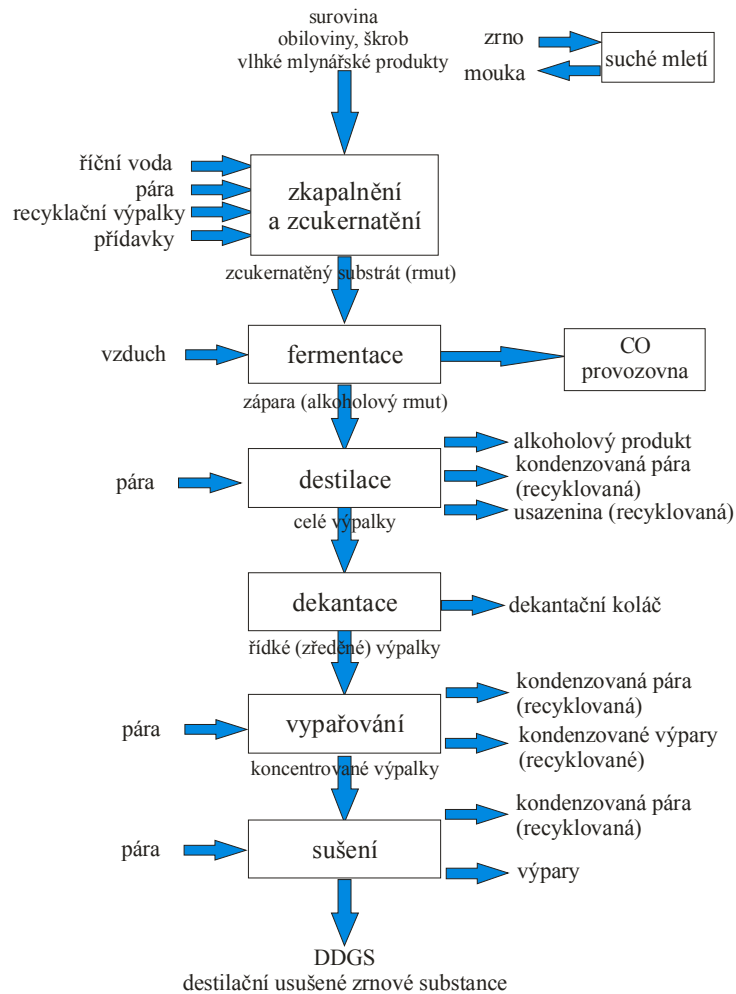
Ze škrobnatých surovin (zrnin, brambor) se škrob nejdříve zmazovává a poté řízeným chemickým procesem za přítomnosti enzymů vzniká glukóza dle rovnice:



Pro výrobu alkoholu z glukózy má chemická rovnice tvar:



Blokové schéma technologického procesu výroby etanolu z obilovin uvádí obr. 5.



Obr. 3: Blokové schéma výroby bioetanolu z obilovin [1]

Etanol se získává destilačním dělením prokvašeného díla, ve kterém se vyskytuje v koncentracích v rozmezí 6 až 14 %. V prokvašeném dílu jsou ještě kromě čistého etanolu obsaženy ještě látky vznikající v průběhu fermentace, a to: glycerin, vyšší alkoholy a jejich oxidační produkty. Objevují se i reakční produkty etanolu: aldehydy, kyseliny a estery. Celkové množství těchto vedlejších frakcí není vyšší než 1 % obsahu etanolu. Problémem je ale jejich obtížné oddělení od směsi etanolu a vody. Všechny vedlejší produkty se z hlediska destilace odlišují relativní těkavostí (poměr tenze par dělené látky a tenze par referenční složky – etanolu) na látky lehčí, střední a těžší. V případě kvasného lihu se používá termín úkapy pro lehčí frakce, které obsahují metanol, estery, kyseliny a aldehydy, a dokapy pro těžší frakce, obsahující stejné látky jako úkapy, ale v jiném poměru a menší podíl směsi vyšších alkoholů.

Tabulka 8: Průměrné výtěžnosti bioetanolu z vhodné zemědělské produkce a biol. zbytků [1]

Biomasa	Průměrná spotřeba na výrobu 100 l bioetanolu		Biomasa	Průměrná spotřeba na výrobu 100 l bioetanolu
syrovátka	4000 l		Melasa	360 kg
Cukrová třtina	1181 kg		Pšenice	260 kg
Cukrová řepa	932 kg		kukuřice	268 kg mokrý zp.
Brambory	1211 kg			258 kg suchý zp.
Dřevo	385 kg		Žito	241 kg

4.5.2 Získávání etanolu ze surovin obsahujících lignocelulózu

Celulóza a lignin jsou základními stavebními kameny většiny rostlin. Zpracování surovin obsahujících lignocelulózu (sláma obilovin, dřeviny, cíleně pěstované stébelniny a např. i starý papír) vyžaduje rozštěpení řetězců celulózy a rozštěpení na cukr o C_6 , jako je glukóza.

Rozklad celulózy, příp. hydrolyza celulózy, může probíhat třemi různými způsoby:

- Rozkladem konc. kyselinami – používá se kyselina sírová nebo solná, příp. flourovodíková
- Rozkladem zředěnými kyselinami
- Enzymatickým rozkladem – pomocí celulózy

4.5.3 Výroba a přimíchávání éterů

Pohonné hmoty s nízkým oktanovým číslem mají sklon způsobovat „klepání“ v motoru. Odolnost proti klepání je zvyšována přísadou éterů, jako je MTBE, ETBE, DIPE nebo TAME. Étery jsou uhlovodíkové sloučeniny obsahující kyslík, v nichž je jedna skupina CH_2 nahrazena atomem kyslíku. Vyznačují se mimo jiné vysokým oktanovým číslem a nízkým tlakem par. Výroba éterů probíhá reakcí alkoholů s podvojnými olefiny. Jsou dobře mísitelné s uhlíkatými látkami, nevykazují žádné anomálie tlaku par jako etanol a mají malou afinitu k vodě. Díky podílu kyslíku dochází ke snížení škodlivých emisí. Étery smějí být přimíchávány do motorového benzínu podle ČSN EN 228 až do 15 % obj.

MTBE se připravuje katalyticky dávkovanou přeměnou z 36 % metanolu a 64 % izobutanu. Izobutan vzniká jako vedlejší produkt při výrobě benzínu v rafinerii.

ETBE se získává ze 47 % z etanolu a z 53 % z izobutanu. Dochází tedy k záměně jen vyšším podílem etanolu.

4.5.4 Použití etanolu pro benzinové motory

V palivech pro zážehové motory nachází v současné době etanol praktického uplatnění třemi způsoby:

- Palivo s převážným obsahem etanolu. Např. palivo E 85 obsahuje 85 % etanolu a 15 % benzínu. Obsahuje téměř 30 % kyslíku a má oktanové číslo přibližně 110. Toto palivo není použitelné přímo pro benzinové motory, vyžaduje úpravy palivového systému benzinového motoru. Paliva pro zážehové motory s převážným podílem etanolu se používá v některých státech USA, v Evropě, snad s výjimkou Švédska nemá širší uplatnění.
- Kyslíkatá a antidetonační přísada ETBE do benzínu vyrobená z etanolu, která může nahradit v současné době používaný MTBE a nevyžaduje úpravy benzinových motorů. Tento způsob náhrady je již několik let používán ve Francii a ve Španělsku.
- Etanol přidávaný do benzínu jako kyslíkatá a antidetonační přísada.

4.5.5 Použití etanolu pro naftové motory

Nižší vznětlivost a mazací schopnost etanolu můžeme pomocí vhodných přísad upravit téměř dokonale k použití pro vznětové motory, aniž by muselo dojít k zásahu do konstrukce motorů. Pro stejný dojezd vozidla na naftu i na etanolové palivo musí být objem palivové nádrže na etanol 1,7krát větší než objem nádrže na naftu. Pro dosažení původních výkonových parametrů naftového motoru je spotřeba etanolového paliva v důsledku nižší výhřevnosti až o 70 % vyšší. V porovnání s provozem motoru na naftu obsahují výfukové plyny při spalování etanolu velmi malé množství částic. Etanolové palivo pro vznětové motory nenalezlo dosud širší uplatnění.

4.6 Vodík jako nosič energie

Vodík je ekologickým nosičem energie. Jako palivo pro motorová vozidla je předmětem současného intenzivního výzkumu.

Nejčistější vodík se získává rozkladem vody elektrickým proudem – elektrolýzou. V uzavřeném cyklu je vodík získáván z vody a jeho spalováním opět voda vzniká. Ostatní škodliviny, které vznikají při spalování fosilních paliv, při spalování vodíku buď vůbec nevznikají nebo vznikají v důsledku druhotných vlivů. CO_2 při spalování nevzniká díky tomu, že v molekule vodíku není obsažen uhlík. Vznik malého množství NO_x je způsoben přítomností dusíku ve vzduchu a jejich množství závisí na teplotě spalování. Stopová množství uhlovodíků, CO, pevných částic nebo SO_2 ve spalinách vznikají v důsledku spalování zbytků motorových olejů nebo ostatních mazadel.

Hlavní nevýhodou vodíku je jeho velmi široké rozpětí výbušnosti ve směsi se vzduchem (4-76 %). Pokud však vodík porovnáme s ostatními palivy, nalezneme také značné přednosti. Oproti benzínu má dolní mez výbušnosti vyšší. Není toxický ani korozivní, při přepravě, distribuci nebo plnění nemůže dojít k ekologické havárii jako u ropy a jiných paliv.

Možné metody výroby vodíku podle reakčního principu jsou biochemické, termochemické a elektrochemické. Výroba vodíku termochemickým postupem především z fosilních surovin a metodou elektrolýzy jsou principiálně i technicky zvládnuté technologické procesy. Tyto metody ale vyžadují ekonomicky a ekologicky přijatelnou výrobu elektrické energie převážně z obnovitelných a jaderných zdrojů.

Vodík je předmětem současného intenzivního výzkumu jako potenciální palivo pro motorová vozidla. Využití vodíku v dopravě je v podstatě dvojí.

4.6.1 Spalování vodíku v klasických motorech

Vodík (stlačený nebo zkapalněný) se spaluje podobně jako běžné pohonné hmoty, s tím rozdílem, že při spalování vzniká jen voda a malé množství kysličníků dusíku. Tento způsob má však v současnosti dvě nevýhody:

- Výroba vodíku je v dnešní době drahá
- Vodík ve směsi se vzduchem je silně výbušný

Vodík může být spalován přímo, v tom případě vykazuje dvojnásobnou výhřevnost než např. benzin, nebo katalyticky. Katalytické spalování probíhá při teplotách pod $500\text{ }^\circ\text{C}$ s mírnými emisemi NO_x [10].

Vodík může být použit k pohonu pístových motorů s vnitřním spalováním, i k pohonu plynových turbín. V pístových motorech hoří rychle, maximální emise NO_x jsou srovnatelné s emisemi vznikajícími z benzinových motorů.

4.6.2 Využití vodíku v palivových článcích

Technologie palivových článků nyní nabízí jedno z nejlepších řešení pro účinnou přípravu energie. Tím se stává palivový článek velice významnou technologií budoucnosti.

Palivový článek je elektrochemické zařízení, které uskutečňuje přímou přeměnu chemické energie vodíku a kyslíku na energii elektrickou, vodu a teplo. Tato přeměna probíhá katalytickými reakcemi na elektrodách a jejím principem je obrácená elektrolýza vody.

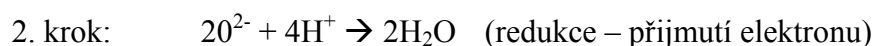
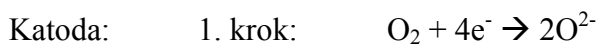
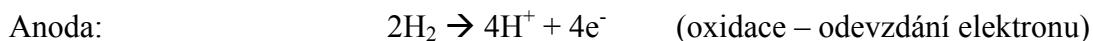
V současnosti se nejvíce nadějí vkládá do kyslíko-vodíkového palivového článku v rámci vodíkového pohonu automobilů. Palivem do palivových článků může být vodík v plynném nebo kapalném stavu, dále pak nepřímá paliva obsahující vodík. Z nich je vodík uvolňován tzv. neformovacím procesem. Mezi nejvýznamnější nepřímé zdroje vodíku patří zemní plyn, metan, propan a metanol, příp. etanol.

Nejvýhodnějším využitím palivových článků je přímá výroba elektrické a tepelné energie.

Palivový článek se skládá ze dvou elektrod, které jsou odděleny membránou nebo elektrolytem. K anodě je přiváděno palivo (např. vodík, metan, metanol, atd.), které je zde oxidováno. Ke katodě je přiváděno oxidační činidlo (např. kyslík, peroxid vodíku, thiokyanát draselný), který se zde redukuje. Elektrody bývají většinou vyrobeny z různých kovů, nebo jimi mohou být uhlíkové nanotrubičky. Pro zvýšení účinnosti mohou být potaženy katalyzátorem. Jako elektrolyt slouží různé kyseliny nebo zásady.

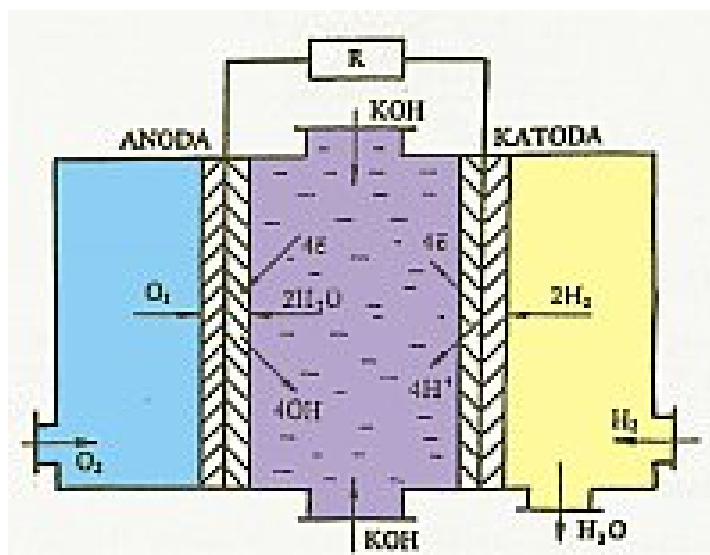
4.6.2.1 Procesy probíhající v palivovém článku

Palivo je na anodě katalyticky přeměněno na kationy (v případě vodíku ionty H^+). Takto uvolněné elektrony jsou vychytány anodou a vytváří elektrický proud, který teče přes elektrický spotřebič ke katodě. Na katodě se oxidační činidlo redukuje na aniony (O^{2-}), a ty pak reagují s H^+ ionty na vodu.



Celková reakce: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (redoxní reakce)

Za přítomnosti katalyzátoru tedy dochází k chemickému slučování vodíku a kyslíku na vodu, přitom na elektrodách vniká elektrické napětí a je produkováno teplo. Nedochozí ke vzniku žádných škodlivých emisí, vzniká pouze vodní pára. V případě že se vodík získává z uhlovodíků, vzniká malé množství CO_2 .



Obr. 4: Schéma palivového článku [16]

4.6.3 Perspektivy využití vodíku

Spojené státy a EU počítají, že k výraznějšímu rozšíření vodíkových technologií může dojít nejdříve v roce 2020. Výroba vodíku i vodíkových palivových článků je totiž nyní několikanásobně dražší než benzin a současné spalovací systémy. Další překážkou jsou také vysoké náklady na skladovací infrastrukturu vodíku a její dostupnost.

Téměř všechny významné automobilky se již zabývají vývojem technologií pohonu motorových vozidel vodíkem a palivovými články. Např. společnosti Toyota a Honda vyvinuly modely aut, jejichž pohon zajišťují palivové články na bázi vodíku.

5 LEGISLATIVA A STÁTNÍ PODPORA

5.1 Legislativa v ČR

5.1.1 180/2005 Sb. - Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (účinný od 1. srpna 2005)

Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí:

- Podpořit využití obnovitelných zdrojů energie
- Zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů
- Přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti
- Vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v ČR ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010

Podpora se vztahuje na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů vyrobenou v zařízeních v ČR využívajících obnovitelné zdroje, s výjimkou větrných elektráren umístěných na rozloze 1 km² o celkovém instalovaném výkonu nad 20 MWe. Pokud je elektřina vyrobena z biomasy, pak se podpora vztahuje na druhy a způsoby využití biomasy.

Podpora podle tohoto zákona (dále jen "podpora") se vztahuje na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů vyrobenou v zařízeních v České republice využívajících obnovitelné zdroje, s výjimkou větrných elektráren umístěných na rozloze 1 km² o celkovém instalovaném výkonu nad 20 MWe. V případě výroby elektřiny z biomasy se podpora vztahuje na druhy a způsoby využití biomasy, které z hlediska ochrany životního prostředí stanoví prováděcí právní předpis. Podpora se také vztahuje na výrobu elektřiny z důlního plynu.

Prováděcí vyhláškou je vyhláška č. 5/2007 Sb. ze dne 21. prosince 2006, kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.

5.1.2 Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů

Národní program je zaměřen na státní správu a samosprávu, na podnikatelskou sféru (právnícké a fyzické osoby), na nevládní organizace i na domácnosti. Na roky 2006-2009 jsou priority Národního programu následující:

- Maximalizace energetické a elektroenergetické efektivity a využití úspor energie
- Vyšší využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie
- Vyšší využití alternativních paliv v dopravě

V souladu s koordinací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie a Národního programu podporuje Státní fond ŽP ČR jen projekty zaměřené na využití obnovitelných zdrojů energie.

Podpora z Fondu je poskytována pouze v rámci jednotlivých vyhlášených programů, viz tab. 8. Přímé finanční podpory na realizaci opatření mohou dle typu subjektu dosáhnout maximální hranice celkové podpory (půjčka + dotace)/maximální hranice příspěvku v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory uvedené v následující tabulce.

Tabulka 8: Přímé finanční podpory

Číslo programu	Název programu	Typ žadatele	Max.limit % podpory/příspěvku, ze základu pro výpočet podpory
1.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody pro byty a rodinné domy pro fyz. osoby: a) kotle na biomasu, b) solární systémy	E	a) 50/50 b) 50/50
2.A.	Investiční podpora enviro. šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	A P	80/50 70/0
3.A.	Investiční podpora enviro. šetrných způsobů vytápění a ohřevu vody nebo výroby el. ve školství, zdravotnictví a objektech soc. péče	A P	90/70 90/0
4.A.	Investiční podpora vytápění bytů a rodinných domů tepelnými čerpadly pro fyz. osoby	E	30/30
5.A.	Investiční podpora výstavby malých vodních elektráren	A P	70/35 70/0
6.A.	Investiční podpora výstavby větrných elektráren	A P	60/30 60/0
7.A.	Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu el. Energie a tepla z bio-	A	70/40

	masy a z bioplynu	P	50/25
8.A.	Investiční podpora envir. šetrných způsobů vytápění a ohřevu TV v účelových zařízeních	A P	80/50 70/0
9.A.	Investiční podpora envir. šetrné výroby el. energie ze sluneční energie	A P E	80/80 70/40 40/40
10.A.	Slunce do škol	A	90/90
1.B.	Podpora vzdělávání, propagace, osvěty a poradenství v rámci celostátní strategické kampaně na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie	A	80/80
2.B.	Podpora vydávání knižních publikací	A P	50/50 50/50

5.1.3 Podpora motorových biopaliv v ČR

Na konci dubna 2007 ministr životního prostředí Martin Bursík předložil v Poslanecké sněmovně návrh zákona, který je zaměřen na komplexní úpravu problematiky biopaliv a uplatnění biopaliv v dopravě. Jednalo se o novelu zákona 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Tento zákon řeší nahrazení stanoveného objemu motorových benzinů a nafty biopalivy, a jde o plnění závazku podle směrnice 2003/30/ES o podpoře využívání biopaliv nebo obnovitelných paliv v dopravě. Výbor pro životní prostředí navrhnul zavedení povinnosti přimíchávat MEŘO do motorové nafty od 1. 7. 2007.

Biopaliva se budou do pohonných hmot přidávat objemově, dodavatelé pohonných hmot tedy budou muset nahradit stanovenou část celkové dodávky biopalivy. V roce 2008 bude tento podíl odpovídat minimálně dvěma procentům, další rok už to bude 3,5 procenta. Vzhledem k takto nízkému podílu biopaliv zřejmě nedojde ke zdatnému zdražení benzínu a nafty.

Kontrolu plnění závazků by měly provádět celníci v daňových skladech. Sankce budou činit 75 Kč za každý litr biopaliva, který dodavatel v rámci své povinnosti nedodal, a dva miliony korun za nedodržení evidence. Bylo také potvrzeno, že biopaliva nebudou dotovány, ačkoliv v Evropě je dnes podpora obnovitelných zdrojů běžná.

5.2 Evropská unie a biopaliva

Změny podnebí, nárůst cen ropy a obavy o zásoby v budoucnosti vyvolávají zvýšený zájem o možnost využívání biomasy pro energetické účely. V prosinci 2005 přijala Evropská komise akční plán navržený za účelem zvýšení využívání energie z lesního hospodářství, zemědělství a odpadů. Evropská komise se nyní zaměřila na dopravu, ve které vzniká cca 21 % emisí skleníkových plynů v EU.

Celá řada opatření již byla provedena. Výrobci automobilů vyvíjejí nové modely s nižší spotřebou paliva, které jsou čistší. Je snaha také o zlepšení veřejné dopravy a větší hospodárnost přepravy zboží.

Jistým podílem mohou přispět i biopaliva. Tyto představují přímou náhradu za tradiční paliva, jako je benzín a nafta, a mohou být snadno začleněna do systémů dodávek paliva. Mohou také usnadnit zavedení jiných moderních alternativních paliv pro dopravu. Ve směrnících o biopalivech z roku 2003 o podpoře využívání biopaliv a jiných obnovitelných paliv v dopravě byl stanoveny indikativní cíle pro členské státy. Evropská komise se snaží pomoci splnění cíle pro rok 2010, kterým je 5,75 % tržního podílu biopaliv z celkové dodávky paliv pro dopravu [6]. Přijala proto strategii pro biopaliva sledující sedm politických cílů:

- Oživení poptávky po biopalivech
- Dosahování enviromentálních zisků
- Rozvoj výroby a distribuce biopaliv
- Rozšiřování zásob surovin
- Posílení obchodních možností
- Podpora rozvojových zemí
- Podpora výzkumu a vývoje

5.2.1 Přímé platby zemědělcům v členských státech

Evropská komise v září 2006 navrhla rozšířit prémii pro energetické plodiny, která byla zavedena v rámci reformy společné zemědělské politiky v roce 2003, na osm členských států, které ji prozatím nemohly využívat. To by vedlo ke zvýšení maximální plochy, na

níž lze podporu poskytovat, a to ze stávajících 1,5 milionu hektarů na 2 miliony hektarů. V rámci další snahy podporovat produkci surovin určených pro produkci obnovitelné energie Komise rovněž navrhl povolit členským státům, aby poskytovaly vnitrostátní podporu do výše 50 % nákladů na zavedení víceletých plodin na plochy pro které byla podána žádost o podporu pro energetické plodiny.

Podpora pro energetické plodiny ve výši 45 EUR/hektar byla poprvé použita v roce 2004 s cílem pobídnout zemědělce k pěstování surovin pro biopaliva. Plocha, na kterou byla přímá platba pro energetické plodiny uplatněna, byla v roce 2006 1,2 až 1,3 milionu hektarů [6].

Přímé platby z EU v Česku se vyplácí formou dotace na plochu, které by letos měly představovat více než deset miliard korun. Žádosti se podávají do poloviny května. Opoždění je penalizováno snížením dotace.

5.2.2 Směrnice EU podporující motorová biopaliva

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU 2003/17/ES (o jakosti benzínu a motorové nafty) – tato směrnice stanoví na základě péče o zdraví a životní prostředí technické specifikace paliv určených pro motorová vozidla vybavená zážehovými a vznětovými motory.
- Směrnice evropského parlamentu a Rady EU 2003/30/ES (o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě) – účelem této směrnice je podpořit využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot za účelem nahrazení nafty nebo benzínu pro dopravní účely v každém členském státě, aby bylo dosahováno cílů jako je dodržení závazků týkajících se změny klimatu apod.

ZÁVĚR

Celosvětově rostoucí spotřeba energií spojená s postupným vyčerpáváním omezených zásob fosilních paliv a se zvyšujícím se skleníkovým efektem je globálním problémem lidské společnosti. Spálením 1 t motorové nafty se vyprodukuje 2,8 t emisí CO₂ [15]. Státy EU tak ročně produkují 3300 mil. t tohoto skleníkového plynu. Omezení skleníkového efektu, oteplování Země a zabránění klimatickým změnám je možné jen s maximální úsporou energií a využíváním obnovitelných zdrojů energie.

Od 17. století se počet obyvatel na zemi zvýšil více než 12krát (z 0,6 mld. na 6,1 mld.) a podle údajů WEC (World energy council) se tento počet zvyšuje o 80 mil. za rok. I světová spotřeba energie podle této organizace vykazuje prudký nárůst – ze 100 mil. t CE³ na 14 mld. t CE za rok. Do roku 2020 je očekáván další přírůstek spotřeby energie o 5,5 mld. t CE za rok.

Prognóza inovací na příštích 25 let:

- 2007 – vývoj energeticky úspornějších motorů pro automobily
- 2011 – širší využití sluneční energie pro topení, chlazení, čerpání vody atd.
- 2014 – racionálnější způsoby využívání energie, širší využití OZE
- 2015 – 2025 – podíl OZE ve vyspělých zemích dosáhne 10 – 15 % celkové spotřeby
- zpřístupnění nových zdrojů energie včetně těch na bázi biomasy

Nejvyšší potenciál z obnovitelných zdrojů má energie z biomasy. V současnosti se v ČR již využívá jako biopalivo sláma, dřevní štěpka a z biomasy se vyrábějí brikety a pelety. Stávající zemědělská politika předpokládá, že více než 0,5 mil. ha orné půdy v ČR bude možno využít pro fytoenergetiku. V roce 2010 bychom v ČR mohli využívat ročně 83 PJ energie z biomasy a z toho 9 PJ ve formě motorových biopaliv. U nás je zavedena výroba bionafty jako metylesteru řepkového oleje na 14 malých výrobnách s kapacitou 500-2000 t s dvou průmyslových výrobnách. Produkovaná bionafta je neomezeně mísitelná

³ CE – uhelný ekvivalent, 1 t CE = 7 · 10⁶ kcal = 29,281 · 10⁹ J = 29,281 GJ

s motorovou naftou a takto vzniklou palivovou směs již můžeme získat u řady čerpacích stanic.

Z celosvětového hlediska je maximální využití všech dostupných zdrojů biomasy problematické vzhledem k nerovnoměrnému rozmístění zdrojů biomasy a spotřebičů energie, dále také vzhledem k potížím s akumulací získané energie, jejím transportem a distribucí. I přes jistá úskalí se biomasa jeví jako jedna z nejlepších náhrad za ubývající fosilní paliva. Je tudíž nutné, aby byly dále vymyšleny nové a zdokonalovány stávající technologie pro zpracování biomasy. Došlo by tak k částečné náhradě fosilních paliv a také by to přispělo ke zlepšení současného znepokojivého stavu životního prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.: *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*, FCC PUBLIC, 2004, ISBN 80-86534-06-5
- [2] BROŽ K., ŠOUREK B.: *Alternativní zdroje energie*, Praha, 2003, str. 7, 98-121, ISBN 80-01-02802-X
- [3] BERANOVSKÝ J., TRUXA J. a kol: *Alternativní energie pro váš dům*, Praha, 2003, str. 49-70, ISBN 80-86517-59-4
- [4] LAURIN J.: *Biolih jako motorové palivo v ČR*, *Alternativní energie* 4/2005, str. 30-31
- [5] Ministerstvo životního prostředí [online]. Dostupné z WWW: www.env.cz [cit. 2007-05-10]
- [6] Strategie EU pro biopaliva [online] [cit. 2007-04-03]
- [7] ENVIRO [online]. Dostupné z WWW:
http://www.enviros.cz/palivove_clanky/1_palivove_clanky.html [cit. 2007-03-24]
- [8] CNG – stlačený zemní plyn [online]. Dostupné z WWW:
http://www.cng.cz/www.cng.cz/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/vodik_palivove_clanky.html [cit. 2007-03-24]
- [9] WIKIPEDIE – otevřená encyklopedie [online]. Dostupné z WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek [cit. 2007-03-24]
- [10] BENEŠ Š.: *Energetické využití palivových článků*, Biom.cz [online], 2005 [cit. 2007-03-24]
- [11] Vodíkové hospodářství [online]. Dostupné z WWW:
<http://si.vega.cz/clanky/vodikove-hospodarstvi/> [cit. 2007-03-24]
- [12] RYAN L., CONVERY F., FERREIRA S.: *Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy*, *Energy Policy* 34 (2006), 3184 – 3194
- [13] Ministerstvo zemědělství České republiky [online]. Dostupné z WWW:
www.mze.cz [cit. 2007-05-10]

- [14] VÁŇA, J. : Využití energie z biomasy. *Biom.cz* [online]. 2001-11-20 [cit. 2007-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=48545>>. ISSN: 1801-2655.
- [15] VÁŇA, J. : Nové cíle při výrobě motorových biopaliv. *Biom.cz* [onl.ine]. 2001-11-05 [cit. 2007-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=45181>>. ISSN: 1801-2655.
- [16] Energetický informační servis [online]. Dostupné z WWW: <http://www.energ.cz/index.phtml?polozka=19> [cit. 2007-05-30]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FAME	Metylestery mastných kyselin
OV	Odpadní vody
ETBE	Etyl-terc-butyl eter
MTBE	Metyl-terc-butyl eter
DIPE	Diisopropyl eter
TAME	Terc.amyl-metyl eter
FT-HC	Fischer-Tropschovy uhlovodíky
PAH	Polyaromatické uhlovodíky
CČ	Cetanové číslo
OVČM	Oktanové číslo
CE	Uhelny ekvivalent
PJ	Penta joule = 10^{15} J
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
LPG	Zkapalněný propan-butan
LNG	Zkapalněný zemní plyn
CNG	Stlačený zemní plyn

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Konverzní cesty a zdroje různých obnovitelných paliv [1].....	21
Obr. 2: Porovnání emisí řepkových metylesterů a motorové nafty [1]	24
Obr. 3: Blokové schéma výroby bioetanolu z obilovin [1].....	27
Obr. 4: Schéma palivového článku [16]	32

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty [1]	8
Tabulka 2: Základní složení fosilních paliv a biopaliv [1]	8
Tabulka 3: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR [1]	9
Tabulka 4: Energetické plodiny [3]	12
Tabulka 5: Způsoby získávání energie z biomasy [1]	14
Tabulka 6.: Požadavky na tradiční motorová paliva [1]	19
Tabulka 7: Požadavky na palivový bioetanol podle ČSN 65 6511 [1]	25
Tabulka 8: Průměrné výtěžnosti bioetanolu z vhodné zemědělské produkce a biol. zbytků [1]	28
Tabulka 8: Přímé finanční podpory	34