

# BIOMASA

Biomasa v podobe rastlín je chemicky zakonzervovaná slnečná energia. Je to súčasne jeden z najuniverzálnejších a najrozšírenejších zdrojov energie na Zemi. Okrem toho, že poskytuje výživu, používa sa ako stavebný materiál, vyrába sa z nej papier, lieky alebo chemikálie, je tiež výborným palivom. Biomasa sa ako palivový zdroj využíva od objavenia ohňa. Jej výhodou je, že ponúka nielen veľkú rôznorodosť vstupných surovín, ale aj univerzálne využitie v energetike. Je ju možné využiť nielen na výrobu tepla ale aj na výrobu elektriny v moderných spaľovacích zariadeniach. Kvapalné a plynné formy biomasy (etanol, metanol, drevoplyn, bioplyn) je tiež možné použiť na pohon motorových vozidiel. Dnes sa však často považuje za nízko kvalitné palivo a v mnohých krajinách sa ani neobjavuje v energetických štatistikách.

<b>BIOMASA – ZÁKLADNÉ ÚDAJE</b>
• Celková hmota biomasy na Zemi (vrátane vlhkosti) - 2000 miliárd ton
• Hmotnosť rastlín na súši – 1800 miliárd ton
• Hmotnosť lesov na Zemi – 1600 miliárd ton
• Hmotnosť biomasy na jedného obyvateľa Zeme - 400 ton
• Energia uskladnená v biomase na súši 25 000 EJ
• Čistý ročný prírastok hmotnosti biomasy na súši - 400 miliárd ton
• Ročný prírastok energie uskladnenej v biomase na súši - 3000 EJ/rok (95 TW)
• Celková spotreba všetkých foriem energie na Zemi za rok - 400 EJ/rok (12 TW)
• Spotreba energie biomasy - 55 EJ/rok ( 1,7 TW)

## CHEMICKÉ ZLOŽENIE BIOMASY

Hoci chemické zloženie biomasy sa medzi jednotlivými rastlinnými druhmi líši, v priemere rastliny obsahujú asi 25% lignínu a 75% uhlíkovodíkov alebo cukrov. Uhlíkovodíková zložka pozostáva z mnohých molekúl cukrov spojených do dlhých reťazcov polymérov. Dve významné zložky uhlíkovodíkov sú celulóza a hemi-celulóza. Príroda využíva dlhé polyméry celulózy na stavbu vlákien, ktoré dávajú rastlinám potrebnú pevnosť. Lignínová zložka pôsobí ako “lepidlo”, ktoré drží spolu celulózové vlákna.

## AKO VZNIKÁ BIOMASA?

Rastliny na svoj rast využívajú oxid uhličitý z atmosféry a vodu zo zeme, ktoré vďaka fotosyntéze pretvárajú na uhlíkovodíky – stavebné články biomasy. Slnečná energia, ktorá je hybnou silou fotosyntézy je v skutočnosti uskladnená v chemických väzbách tohto organického materiálu. Pri spaľovaní biomasy opätovne získavame energiu uskladnenú v chemických väzbách. Kyslík zo vzduchu sa spája s uhlíkom v rastline, pričom vzniká oxid

uhličitý a voda. Tento proces je cyklicky uzatvorený, pretože vznikajúci oxid uhličitý je vstupnou látkou pre novú biomasu.

obr.kolobehco.jpg

Kolobeh CO<sub>2</sub> v prírode.

## BIOMASA AKO PALIVO

Na rozdiel od dreva, ktoré sa od nepamäti využíva na varenie i kúrenie, v posledných niekoľkých storočiach ľudstvo využíva hlavne fosílnu formu biomasy – uhlie. Toto palivo vzniklo ako výsledok veľmi pomalých chemických procesov, ktoré menili polyméry cukrov na chemickú zložku, ktorá nahradila lignín. Tým sa dodatočné chemické väzby v uhlí stali koncentrovaným zdrojom energie. Všetky fosílna palivá, ktoré dnes spotrebujeme (uhlie, ropa, zemný plyn) sú v podstate pradávnu biomasou. Počas miliónov rokov sa prírodnými procesmi dostala pôvodná biomasa pod zem, kde sa postupne menila na tieto palivá. Hoci fosílna palivá obsahujú rovnaké stavebné prvky (uhlíka a vodík) ako čerstvá biomasa, nie sú považované za zdroje obnoviteľné, pretože ich vznik trval tak dlhú dobu.

Z hľadiska vplyvu na životné prostredie je veľký rozdiel medzi fosílnou a obnoviteľnou (čerstvou) biomasou. Pri fosílnych palivách dochádza k ovplyvňovaniu životného prostredia tým, že pri ich spálení sa do atmosféry dostávajú látky, ktoré boli po mnoho miliónov rokov uložené pod zemským povrchom. Na rozdiel od nich je spaľovanie čerstvej biomasy z hľadiska emisií skleníkových plynov neutrálne.

Najrozšírenejším palivom z kategórie biomasy je drevo. Drevo ako palivo môže mať rôznu podobu – môže byť využívané ako kusové, ako drevný odpad (napr. vo forme štiepok, alebo peliet) alebo môže byť špeciálne pestované ako energetická rastlina napr. vrbá. Existujú však aj iné zdroje, ktoré hrajú významnú úlohu v energetickej bilancii mnohých krajín. Sem patria napr. organické zvyšky z poľnohospodárskej výroby ako je napr. slama. Biomasou je aj bioplyn získavaný zo skládok komunálneho odpadu, čističiek odpadových vôd alebo hnojovice zo živočíšnej výroby.

Z hľadiska svojej perspektívy je biomasa považovaná za kľúčový obnoviteľný zdroj energie a to tak na úrovni malých ako i veľkých technologických celkov. Už dnes sa podieľa asi 14 % na celosvetovej spotrebe primárnych energetických zdrojov. Avšak pre tri štvrtiny obyvateľstva Zeme, žijúcich prevažne v rozvojových krajinách, je najdôležitejším palivovým zdrojom. V priemere jej podiel na spotrebe energie v týchto krajinách predstavuje asi 38% (v niektorých krajinách až 90%). Je možné predpokladať, že pri raste populácie a znižovaní rezerv fosílnych palív bude jej význam vo svete ďalej narastať.

Biomasa je významným zdrojom aj v niektorých rozvinutých krajinách. Vo Švédsku alebo v susednom Rakúsku sa podieľa asi 15 % na spotrebe energie (u nás je to menej ako 1 %). Vo Švédsku existujú plány na podstatne vyššie využívanie biomasy, ktorá by mala v budúcnosti nahradiť energiu získavanú v súčasnosti v jadrových elektrárnach. V USA je podiel biomasy na primárnych zdrojoch asi 4 %, čo je asi toľko energie, koľko sa jej získava v jadrových elektrárnach. Väčšina energie biomasy pokrýva spotrebu tepla, avšak významne sa podieľa aj na výrobe elektriny. Dnes v USA pracujú elektrárne spaľujúce biomasu s celkovým elektrickým výkonom viac ako 9000 MW. Podľa niektorých analýz neexistuje žiadna bariéra, aby podiel biomasy na spotrebe energie v USA vzrástol na viac ako 20 %. Biomasa pestovaná

na poľnohospodárskej pôde by napr. dokázala bez problémov nahradiť energiu vyrábanú jadrovými reaktormi, a to i bez dôsledkov na ceny poľnohospodárskych plodín. Navyše biomasa pestovaná na výrobu etanolu by dokázala nahradiť viac ako 50 % dovážanej ropy.

obr.drevospotreba.gif

Text:

Podiel biomasy na výrobe tepla.

## PRODUKCIA BIOMASY

Biomasa sa podstatne líši od iných zdrojov energie, pretože potrebuje pre svoj rast pôdu. Vo všeobecnosti je možné povedať, že prirodzená produkcia biomasy je asi 5 ton na každý hektár za rok pre drevité rastliny. Túto hodnotu je však možné podstatne zvýšiť zlepšeným hospodárením a výberom rastlín. Napr. pestovanie rýchlorastúcich drevín vedie k 2 až 10-násobnému nárastu produkcie. Vhodným výberom pôdy a pestovaného druhu je v našich klimatických podmienkach bežná produkcia biomasy (sušiny) na úrovni 10 až 15 t/ha/rok. V tropických oblastiach je to 15 až 25 t/ha/rok. Veľmi vysoká produkcia suchej rastlinnej hmoty bola získaná v Brazílii a Etiópii z eukalyptu a to až 40 t/ha/rok. Vysoké výťažky sú tiež možné z bezdrevných rastlín napr. priemerná produkcia cukrovej trstiny vzrástla za posledných niekoľko rokov z 47 na 65 t/ha/rok (vrátane vlhkosti). Rekordná produkcia až 100t/ha/rok bola dosiahnutá v niektorých oblastiach ako sú Južná Afrika, Hawaii alebo Queensland v Austrálii.

## ENERGETICKÁ HODNOTA

Vzhľadom na rôzne formy biomasy je aj energia v nej obsiahnutá rôzna. Energetický obsah suchých rastlín (obsah vlhkosti 15-20%) sa pohybuje okolo 14 MJ/kg. Úplne suchá biomasa preto môže byť z pohľadu energetického obsahu porovnávaná s uhlím, ktoré má výhrevnosť 10 až 20 MJ/kg pre hnedé uhlie a okolo 30 MJ/kg pre čierne uhlie. V čase zberu však biomasa obsahuje značné množstvo vody, ktoré sa pohybuje od 8 do 20 % pre slamu, po 30 až 60 % pre drevo. Obsah vody v hnojovici, z ktorej sa získava bioplyn je 75 až 90 % a v niektorých vodných rastlinách ako je napr. hyacint až 95 %. Na druhej strane obsah vody v uhlí sa pohybuje na úrovni 2 až 12 %. Z tohto dôvodu je energia biomasy v čase zberu zvyčajne nižšia ako v prípade uhlia. Chemické zloženie biomasy však z nej robí podstatne ekologickejšie palivo ako je uhlie. Súvisí to s tým, že biomasa má nižší obsah síry ako uhlie. Obsah popola pri spálení je tiež nižší ako v prípade uhlia, navyše tento popol neobsahuje toxické kovy a iné kontaminanty a pre jeho obsah živín je ho možné využiť ako hnojivo.

Energetický obsah niektorých surovín.

	Obsah vody v %	MJ/kg	kW/kg
Drevo - Dub	20	14,1	3,9
Drevo - Smrek	20	13,8	3,8
Slama	15	14,3	4,0
Obilie	15	14,2	3,9

Repkový olej	-	37,1	10,3
Čierne uhlie	4	30,0-35,0	8,3
Hnedé uhlie	20	10,0-20,0	5,5
Vykurovací olej	-	42,7	11,9
Bio metanol	-	19,5	5,4

  

	MJ/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
Skládkový plyn	16,0	4,4
Drevoplyn	5,0	1,4
Bioplyn z hnojovice	22,0	6,1
Zemný plyn	31,7	8,8
Vodík	10,8	3,0

### Výhody využívania biomasy ako paliva

Ekonomický rozvoj vidieka tak v rozvojových ako aj v rozvinutých krajinách je jednou z hlavných výhod používania biomasy ako zdroja energie. Výsledkom prechodu na produkciu biopalív býva zvýšenie príjmov poľnohospodárov, diverzifikácia poľnohospodárskej produkcie, revitalizácia pôdy, znižovanie emisií z energetiky, znižovanie nadprodukcie potravín a odbúravanie dotácií napr. za neobrábanie pôdy sú. Zvyšovanie príjmov vedie aj k ďalším - nepriamym výhodám - ako je napr. oživenie miestneho hospodárstva. Táto skutočnosť môže v konečnom dôsledku viesť k obmedzeniu migrácie obyvateľstva z vidieka do miest, čo je vážny problém v mnohých krajinách sveta. Tvorba nových pracovných príležitostí pri využívaní biomasy (zber, spracovanie a využitie) a priemyselny rozvoj viažuci sa na vývoj technológií môže byť obrovský.

EÚ už niekoľko rokov pracuje na reforme poľnohospodárstva a efektívnejšom využívaní pôdy. Európske poľnohospodárstvo dnes spočíva na obmedzenom počte plodín určených na obživu ľudí a zvierat, ktoré sú v súčasnosti veľmi silne dotované. Navyše pokles cien týchto plodín vedie k nízkym a často veľmi nestálym príjmom poľnohospodárov v mnohých európskych krajinách. Prechod na pestovanie tzv. technických surovín sa často uvádza ako jedno z dôležitých riešení problémov poľnohospodárstva. Pestovanie nových plodín môže otvoriť nové trhy a efektívne využiť pôdny fond, ktorý je v súčasnosti málo využitý. V roku 1991 bolo obrábaných asi 128 milión hektárov pôdy, z nich bolo postupne asi 0,8 milión hektárov vyňatých z poľnohospodárskej produkcie v dôsledku nadprodukcie potravín. V budúcnosti sa plánuje na vyradenie oveľa väčšia rozloha. Je zrejmé, že preorientovanie sa na nepotravinové plodiny, kam patrí aj biomasa pestovaná pre energetické účely môže významne pomôcť poľnohospodárstvu i ekonomike, nakoľko bude možné znížiť dotácie do tohoto sektora.

Z pohľadu znižovania emisií skleníkových vplyvov a klimatických zmien majú všetky biotechnológie mimoriadny význam. Nielen rastliny, ktoré počas svojho rastu absorbujú z atmosféry CO<sub>2</sub>, ale aj využívanie bioplynu pozostávajúceho hlavne z metánu (CH<sub>4</sub>), zo

skládok odpadu alebo hnojovice, významne prispievajú k znižovaniu emisií. Metán má v atmosfére až 20 násobne vyšší účinok na uvedený jav ako CO<sub>2</sub>.

Z hľadiska znižovania emisií síry a obmedzovania kyslého spádu (kyslé dažde) má využívanie biomasy taktiež veľký význam, nakoľko obsah síry v nej je podstatne nižší ako v prípade uhlia alebo ropy. Navyše biomasu je možné primiešavať do uhlia, a tak ďalej znižovať emisie síry v klasických elektrárnach alebo kotolniach.

Využívanie biomasy na energetické účely poskytuje aj ďalšie ekologické výhody. Medzi najdôležitejšie patrí zlepšenie kvality lesov, vôd alebo zamedzenie erózie pôdy. Nevýhodou biomasy ako paliva je, že takmer všetky druhy surovej biomasy podliehajú v normálnych podmienkach rýchlemu rozkladu. Z tohto dôvodu len málo z nich je vhodných na dlhodobé skladovanie a vzhľadom na ich relatívne nízku energetickú hustotu sú tiež náklady na ich dopravu relatívne vysoké. V súčasnej dobe sa preto hľadajú cesty, ako čo najužitočnejšie využiť tento zdroj energie.

## **VÝROBA ENERGIE Z BIOMASY**

Z hľadiska metódy výroby energie z biomasy sa dnes v praxi presadzujú nasledovné procesy:

- Priame spaľovanie.
- Termochemické spracovanie s cieľom zvýšenia kvality biopaliva. Sem patrí napr. pyrolýza alebo splyňovanie.
- Biologické procesy ako sú anerobické hnitie alebo fermentácia, ktoré vedú k produkcii plyných a kvapalných biopalív.

Bezprostredným produktom týchto procesov je teplo využívané v mieste výroby alebo v jej blízkosti. Teplo sa využíva buď priamo na prípravu teplej vody alebo na výrobu pary s následným pohonom elektro-generátora a výrobou elektriny. Inými produktmi sú napr. drevné uhlie alebo kvapalné biopalivá na pohon motorových vozidiel.

## **SPAĽOVANIE**

Technológia priameho spaľovania biomasy je najbežnejším spôsobom jej energetického využitia. Je to metóda v praxi overená a komerčne dostupná na vysokej úrovni. Spaľovacie zariadenia sa dodávajú v rôznych prevedeniach a výkonoch, pričom sú schopné spaľovať prakticky akékoľvek palivo od dreva cez baly slamy až po slepačí trus alebo komunálny odpad. Význam má predovšetkým spaľovanie odpadového dreva a odpadov z poľnohospodárskej produkcie (slama). Vznikajúce teplo sa využíva na vykurovanie, v technologických procesoch (procesné teplo) alebo na výrobu elektrickej energie.

Spaľovací proces v dreve prebieha v nasledujúcich fázach:

- Voda vo vnútri dreva začne vriieť (aj veľmi staré a relatívne suché drevo obsahuje až 15% vody vo svojich bunkových štruktúrach).
- Z dreva sa postupne uvoľňuje plyn, pričom pre správne spaľovanie je potrebné, aby tento plyn horel a neunikal do komína.
- Vznikajúci plyn sa mieša s atmosferickým vzduchom a horí pri vysokej teplote.
- Zvyšok dreva (zväčša uhlík) horí tiež, pričom ako odpad vzniká popol.

Pre účinné spaľovanie je potrebné zabezpečiť:

- dostatočne vysokú teplotu;
- dostatok vzduchu
- dostatok času, aby mohlo prebehnúť úplné spálenie biomasy.

Ak pri horení nie je zabezpečený prívod dostatočného množstva vzduchu, horenie je neúplné a vznikajúci dym obsahujúci nespálený uhlík je čierny. Tento proces je sprevádzaný aj charakteristickým zápachom a značným množstvom usadenín v komíne, ktoré môžu hroziť znovu zapálením. Na druhej strane ak je pri horení veľké množstvo vzduchu, klesá teplota a plyny unikajú z dreva nespálené, pričom odnášajú so sebou aj užitočnú energiu. Správne množstvo vzduchu je preto kritické pre dokonalé horenie. Výsledkom je neprítomnosť dymu a zápachu. Regulácia prívodu vzduchu zväčša závisí na použítom komíne a ceste, ktorou sa vzduch do miesta spaľovania dostáva.

Hoci priame spaľovanie je najjednoduchšou a najbežnejšou metódou využitia energie biomasy, nie vždy je to proces účinný. Príkladom môže zohriatie vody nad ohňom. Energetický obsah 1 m<sup>3</sup> suchého dreva je asi 10 GJ, alebo 10 milión kJ. Na zvýšenie teploty jedného litra vody o jeden stupeň je potrebných 4,2 kJ tepla. Na zovretie litra vody by preto malo postačiť asi 400 kJ, čo zodpovedá približne 40 kubických centimetrov dreva. V praxi však pri otvorenom ohni potrebujeme oveľa viac dreva často až 50-krát viac, čo znamená že účinnosť spaľovacieho procesu pri otvorenom ohni je asi 2%. Súvisí to s tým, že väčšia časť energie dreva uniká bez úžitku. Navrhnutie spaľovacieho kotla, ktorý by sa vyznačoval podstatne vyššou účinnosťou si preto vyžaduje pochopenie celého spaľovacieho procesu. Dôležitým krokom je pochopenie odparovania vody z dreva, teda procesu ktorý energiu spotrebovávajú. Spotrebovaná energia však predstavuje len malé percento z celkovej využiteľnej energie. Moderné spaľovacie systémy sú veľmi podobné tým, ktoré sa využívajú na spaľovanie uhlia a vyznačujú sa účinnosťou spaľovania až 90%.

## PYROLÝZA

Pyrolýza je jednoduchý a pravdepodobne najstarší spôsob úpravy biomasy na palivo vyššej kvality – tzv. drevné uhlie. Na jeho výrobu je okrem dreva možné využiť aj iné suroviny napr. slamu. Pyrolýza spočíva v zohrievaní biomasy (ktorá je často rozdrvená a dodávaná do reaktora) v neprítomnosti vzduchu na teplotu 300 - 500 st. Celzia, až do doby pokiaľ všetky prchavé látky z nej neuniknú. Zvyšok – drevné uhlie je palivo, ktoré má takmer dvojnásobnú energetickú hustotu v porovnaní so vstupnou surovinou a navyše lepšie horí (horí pri vyššej teplote). V mnohých krajinách sveta sa dnes vyrába drevné uhlie pyrolýzou dreva. V závislosti na obsahu vlhkosti a účinnosti procesu je potrebných asi 4-10 ton dreva na výrobu jednej tony drevného uhlia.

Pyrolýza môže prebiehať aj v prítomnosti malého množstva vzduchu (splyňovanie), vody (parné splyňovanie) alebo vodíka (hydrogenácia). Nielen drevné uhlie, ale aj iné produkty pyrolýzy majú značný energetický význam. Moderné pyrolytické systémy sú schopné zhromažďovať prchavé produkty vznikajúce pri tomto procese. Jedným z veľmi užitočných produktov môže byť napr. metán, vhodný na výrobu elektriny v plynových turbínach. Kvapalné produkty pyrolýzy majú potenciál podobný ropu avšak obsahujú niektoré kyseliny, a musia byť preto pred použitím upravené. Rýchla pyrolýza dreva pri teplote 800-900 st. Celzia vedie k produkcii len 10% drevného uhlia a až 60% materiálu sa mení na energeticky hodnotné palivo - plyn bohatý na vodík a oxid uhoľnatý. Tým sa rýchla pyrolýza stáva aj

konkurentom bežnému splyňovaciemu procesu (pozri nižšie), avšak na rozdiel od splyňovania nie je v súčasnosti dostupná na komerčnej úrovni.

V súčasnosti je pyrolýza považovaná za prítiažlivú technológiu. Súvisí to aj s tým, že prebieha pri relatívne nízkych teplotách, čo vedie k nižšej emisii potenciálnych škodlivín v porovnaní s úplným spaľovaním biomasy. Nižšie emisie pri tomto procese viedli aj k pokusom o pyrolýzu takých materiálov ako sú plasty alebo pneumatiky.

## SPLYŇOVANIE

Základné princípy splyňovania biomasy sú známe od začiatku 19.storočia. Táto technológia bolo natoľko univerzálna a spoľahlivá, že počas 2.svetovej vojny sa na európskych cestách pohybovalo niekoľko miliónov vozidiel so splyňovacím agregátom vyrábajúcim drevoplyn spaľovaný v motore vozidla. Nástupom širokého využívania ropných produktov záujem o túto technológiu postupne opadol. Oživenie nastalo až po ropnej kríze v 70-tych rokoch.

Splyňovanie je proces, pri ktorom sú produkované horľavé plyny ako vodík, oxid uhoľnatý, metán a niektoré nehorľavé produkty. Celý proces prebieha pri nedokonalom (čiastočnom) horení a ohrievaní biomasy teplom vznikajúcim pri horení. Vznikajúca zmes plynov má vysokú energetickú hodnotu a môže byť použitá ako iné plynné palivá tak pri výrobe tepla a elektriny ako aj v motorových vozidlách. Vo vozidlách však tento plyn vedie k nižšiemu výkonu motora asi o 40 %.

Splyňovanie prebieha v kotli s obmedzeným prístupom vzduchu. Nedostatok kyslíka spôsobuje nedokonalé horenie. Pri úplnom horení uhlíkovodíkov (z ktorých sa drevo skladá) sa kyslík spája s uhlíkom pričom vzniká  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Obmedzený prístup vzduchu ešte stále umožňuje mierne horenie, pri ktorom vzniká  $\text{CO}$  avšak vodík sa nespája len s kyslíkom za vzniku molekuly vody, ale uvoľňuje sa ako čistý plyn –  $\text{H}_2$ . Pri procese sa uvoľňujú aj iné zložky ako napr. uhlík, ktorý tvorí dym. Teplo vznikajúce pri nedokonalom spaľovaní sa využíva na to, aby sa porušovali väzby medzi uhlíkovodíkovými atómami. Vznikajúce uhlíkové a vodíkové atómy sa však spájajú s inými, pričom sa uvoľňuje teplo, ktoré udržuje celý proces bez dodávania energie zvonku. Výsledkom je vznik plynov, ktoré sa ďalej môžu spaľovať. Zloženie plynov je nasledujúce:

$\text{H}_2$	18-20 %
$\text{CO}$	18-20 %
$\text{CH}_4$	2-3%
$\text{CO}_2$	8-10 %
$\text{N}_2$	47-54 %

V závislosti na konštrukcii splyňovacieho zariadenia je možné zvýšiť podiel produkovaného metánu alebo iných plynov. Splyňovanie je teda jednoduchý proces výroby plynných palív z palív pevných.

## SYNTETICKÉ PALIVÁ

Splyňovacie zariadenie, ktoré namiesto vzduchu používa čistý kyslík, vyrába zmes plynov skladujúcu sa hlavne z  $H_2$ ,  $CO$  a  $CO_2$ . Výhodou tohto procesu je, že po odstránení  $CO_2$  vzniká tzv. syntetický plyn, z ktorého je možné vyrobiť takmer akýkoľvek uhľovodík. Reakciou  $H_2$  s  $CO$  je možné získať čistý metán ( $CH_4$ ). Iným vedľajším produktom je metanol ( $CH_3OH$ ), ktorý môže slúžiť ako priama náhrada za benzín v spaľovacích motoroch. Tento postup výroby metanolu je však relatívne drahý a v súčasnosti na komerčnej báze neprebíha. Technológia je overená a okrem biomasy sa môže na výrobu syntetického plynu (a následne metanolu) využívať aj uhlie.

## FERMENTÁCIA

Fermentácia roztokov cukrov je spôsob výroby etanolu (etylalkoholu) z biomasy. Je to anerobický biologický proces, pri ktorom sa cukry menia pôsobením mikroorganizmov (kvasnice) na alkohol - etanol resp. metanol. Etanol je veľmi kvalitné kvapalné palivo, ktoré podobne ako metanol je možné využiť ako náhradu za benzín v motorových vozidlách. Toto palivo je v súčasnosti vo veľkom rozsahu využívané hlavne v Brazílii. Ročne sa v tejto krajine vyrobí asi 12 miliárd litrov etanolu, ktorý využíva viac ako 5 miliónov automobilov jazdiacich na čistý etanol a približne 9 miliónov automobilov jazdiacich na zmes 20 - 22 % alkoholu a asi 80 % benzínu.

Na výrobu etanolu ale aj metanolu sa ako vhodné suroviny dajú využiť viaceré rastliny napr. obilie, zemiaky, kukurica, cukrová trstina, cukrová repa, ovocie a iné plodiny. Hodnota ktorejkoľvek vstupnej suroviny pre fermentačný proces závisí na jednoduchosti s akou je možné z nej získať cukry. Najlepšou surovinou sa ukazuje cukrová trstina resp. melasa vznikajúca po extrakcii šťavy z nej. Inými vhodnými surovinami sú zemiaky alebo obilniny. Cukry je možné vyrobiť aj z celulózy (dreva), avšak proces je komplikovanejší. Celulóza sa najskôr pomelie a potom zmieša s horúcou kyselinou. Po 30 hodinách kaša obsahuje asi 6-10 % alkoholu, ktorý je možné získať destiláciou. Vzhľadom na to, že použitá surovina sa nepremení celá na biopalivo, vznikajú pri tomto procese cenné vedľajšie produkty, ktoré môžu nahradiť bielkovinové krmivá.

Energetický obsah etanolu je asi 30 GJ/t, alebo 24 GJ/m<sup>3</sup>. Celý proces fermentácie si vyžaduje značný prísun tepla, ktoré sa zvyčajne vyrába spaľovaním rastlinných zvyškov. Hoci strata energie je pri výrobe etanolu veľká, býva zvyčajne vykompenzovaná kvalitou paliva a jeho transportovateľnosťou.

## ANEROBICKÉ VYHNÍVANIE

Príroda má schopnosť postarať sa o likvidáciu organických zvyškov cestou ich rozkladu. Anerobické hnitie podobne ako pyrolýza prebieha v prostredí bez prítomnosti vzduchu, avšak proces hnitia prebieha pomocou baktérií kým pyrolýza pri pôsobení vysokej teploty. Hnitie organických zvyškov prebieha všade v teplom a vlhkom prostredí a dokonca aj pod vodou, kde vedie k tvorbe plynov vystupujúcich na hladinu. Keďže vznikajúce plyny sú horľavé, môže dochádzať k ich samozapáleniu, čo v minulosti viedlo k tajomným úkazom nad hladinou jazier. Tento jav bol vysvetlený len v 18. storočí, keď sa podarilo pochopiť proces anerobického hnitia, ktorý prebieha bez prítomnosti vzduchu (kyslíka). V roku 1776 ho opísal Alessandro Volta a v roku 1800 Humphery Davy ako prvý pozoroval prítomnosť horľavého metánu v hnojovici. Plyn vznikajúci nad hladinou jazier podobne ako plyn vznikajúci pri hnití organických látok v inom prostredí sa nazýva bioplyn a skladá sa hlavne z metánu ( $CH_4$ ) a oxidu uhličitého ( $CO_2$ ).



Získavanie bioplynu z odpadov a jeho spaľovanie plynovými turbínami je proces nenáročný a technologické prvky sú bežne dostupné trhu. Nenáročnosť získavania bioplynu a jeho premeny na užitočnú energiu je evidentná aj tým, že v rozvojových krajinách ako je India alebo Čína existuje niekoľko miliónov veľmi jednoduchých rodinných zariadení, využívajúcich bioplyn len na výrobu tepla na varenie v domácnostiach.

## **BIOPALIVÁ – TECHNOLOGIE**

Pod pojmom biopalivá sa ukrýva veľký počet zdrojov energie organického pôvodu od dreva až po organický materiál na skládkach komunálneho odpadu. Biopalivá sú v podstate všetky tuhé, kvapalné a plynné palivá vyrobené z organických látok buď priamo z rastlín alebo nepriamo z priemyselných, poľnohospodárskych alebo domácich odpadov. Rastliny okrem toho, že ich môžeme získavať priamo z prírody, je možné aj špeciálne pestovať pre energetické účely.

### **PEVNÉ PALIVÁ**

Drevo je po mnoho milión rokov pre človeka jedným z najdôležitejších palivových zdrojov. Podstatné pri jeho využívaní je, že sa dá energeticky zhodnocovať trvalo udržateľným spôsobom. Ročný prírastok celosvetovej drevnej hmoty sa odhaduje na  $12,5 \times 10^9 \text{ m}^3$  s energetickým obsahom 182 EJ, čo je asi 1,3 násobok celosvetovej ročnej spotreby uhlia. Priemerná spotreba dreva pre všetky účely predstavuje asi  $3,4 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{rok}$  (ekvivalent 40 EJ/rok). Z uvedeného vyplýva, že vo svete existuje značný potenciál využitia dreva pre energetické účely. Väčšinu lesov v Európe by bolo možné takto využívať bez toho, aby bola ohrozená existencia prírodných ekosystémov. Súvisí to s tým, že pri ťažbe a spracovaní dreva pre iné ako energetické účely vzniká veľké množstvo odpadu, ktorý často zostáva nevyužitý. Drevné štiepky resp. piliny, z ktorých sa vyrábajú tzv. pelety sú cenným palivom. Len v susednom Rakúsku pracuje niekoľko tisíc menších domácich zariadení a viacero väčších obecných spaľovní drevného odpadu. Celkový výkon týchto zariadení je viac ako 1250 MW.

Zhodnotenie využiteľného energetického potenciálu lesov (odpadového dreva) je možné urobiť na základe štatistík udávajúcich ročný prírastok a ťažbu dreva. Zo skúseností z Dánska vyplýva, že pri ťažbe predstavuje odpad (hlavne vetvy), ktorý by bolo možné využiť bez ovplyvnenia stavu lesov, až 30 % objemu vyťaženého dreva.

Aj pri využívaní dreva ako energetickej suroviny by mala byť účinnosť technológie jeho spaľovania na prvom mieste. Vyššia účinnosť zariadenia znamená menej paliva na zabezpečenie rovnakého množstva energie. Tradičné pece majú účinnosť využitia energie obsiahnutej v dreve často nižšiu ako 30%, čo je v porovnaní napr. s modernými splyňovacími kotlami s účinnosťou okolo 90% veľmi málo. Z uvedeného vyplýva, že moderné zariadenia často spotrebujú až 3-krát menej paliva na vykúrenie rovnakého priestoru.

obr.buller.jpg

Text:

Aj klasická pec na drevo sa môže vyznačovať veľmi vysokou účinnosťou spaľovania. Táto pec využíva dômyselný systém vnútorných potrubí, čím zvyšuje využitie energie dreva až o 200 %.

## DREVO – VÝROBA TEPLA

Využívanie dreva pre energetické účely je možné považovať za lokálny zdroj, ktorý si vyžaduje len minimálne nároky na dopravu a preto je relatívne lacný v porovnaní s klasickými fosílnymi palivami. Dnes existuje na trhu veľký počet malých domácich kotlov na drevo, ktoré sú určené na vykurovanie objektov ako sú napr. rodinné domy. Len v Dánsku, ktoré má približne rovnaký počet obyvateľov ako Slovensko, je ich inštalovaných viac ako 70.000. Tieto kotle väčšinou spaľujú kusové drevo, pelety alebo štiepky. Vyrobené teplo je rozvádzané do radiátorov podobne ako pri kotloch na iné palivá. Moderné kotle na drevo sa líšia od klasických pecí, ktoré vykurovali len priestor miestnosti, v ktorej boli umiestnené. Okrem vykurovania priestorov sa moderné kotle na drevo používajú aj na prípravu teplej vody. Takéto vykurovanie a ohrev vody je zvyčajne najekonomickejším riešením pre rodinné domy. Nahradenie uhlia alebo vykurovacieho oleja drevom je cestou ako dosiahnuť výrazné úspory na palive, ktoré môžu dosiahnuť vo vyspelých krajinách 20 až 60 % . Táto skutočnosť vyplýva z toho, že drevo je lacnejšie ako iné palivá. Príkladom môže byť aj situácia u nás. Z dôvodovej správy k Štátnej politike zásobovania teplom vypracovanej Ministerstvom hospodárstva vychádzali náklady na vykurovanie fiktívneho bytu pri spotrebe 50 GJ/rok v roku 1999 nasledovne:

Palivo	Palivové náklady	Ostatné náklady	Fixné náklady	Anuita	Celkové náklady
CZT bez dotácie	7100	3100		2500	12.700
Zemný plyn	4156	800	65.000	8064	13.020
Elektrina	7872	100	55.000	6823	14.695
Hnedé uhlie	7563	1800	40.000	4962	14.325
Čierne uhlie	8345	1300	40.000	4962	14.607
Koks	9277	1100	40.000	4962	15.339
Propán-bután	16.102	500	65.000	8064	24.666
Drevo	0-2000	0-1500	30.000	3721	max. 7221

Ostatné náklady: pre elektrinu a plyn sú to revízie zariadení, náklady na dovoz a odvoz paliva (uhlie). Fixné náklady sú investičné náklady a anuita pri 9% diskontnej sadzbe a dobe životnosti 15 rokov. Vo fixných nákladoch sa počíta s cenou kotla na drevo - 30.000 Sk.

Pozn. údaje pre drevo boli dopočítané autorom. Energetická hodnota dreva je 15 MJ/kg, ročná spotreba cca 10 m<sup>3</sup>, cena max. 200 Sk/m<sup>3</sup>. Cena za vykurovanie zemným plynom vzrástla v roku 2000 o 30% a v súčasnosti len náklady na palivo predstavujú viac ako 3-násobok ceny za vykurovanie drevom pre typický rodinný dom. Do roku 2005 sa predpokladá nárast ceny plynu až o 200 %. Výrazný nárast sa predpokladá aj v cene elektriny pre domácnosti .

Väčšina malých kotlov na drevo je vybavená zásobníkom a palivo do kotla je potrebné dodávať ručne (približne 1 až 2 krát denne). Na trhu však existujú aj kotly s automatickým podávaním paliva, ktorým sú zvyčajne drevné štiepky alebo pelety, pričom palivo sa skladuje v osobitnom priestore. Automatické kotle si regulujú dodávku paliva samostatne s ohľadom na spotrebu domu. V prípade väčších kotlov na drevo vykurojúcich objekty ako sú napr.

poľnohospodárske farmy sú úspory na energii zvyčajne dostatočné na to, aby bol inštalovaný automatický zásobník s podávačom dreva.

Za posledných 10 rokov prekonal kotle na drevo značný technologický vývoj a ich účinnosť spaľovania je veľmi vysoká. Zlepšenie bolo dosiahnuté hlavne v stavbe spaľovacej komory, dodávke vzduchu a automatickej regulácii spaľovania. Výsledkom nie je len vysoká účinnosť (75-90%) ale aj nízke emisie.

### kotly S PREHORIEVANÍM DREVA

Najjednoduchšie kotly na drevo tzv. prehorievacie kotly pracujú na podobnom princípe ako klasické pece na drevo. Ich usporiadanie je také, že vzduch vniká zo spodu kotla a prechádza hore cez palivo. V takomto prípade drevo prehorieva veľmi rýchlo a plyny nezhoria úplne, pretože teplota kotla je relatívne nízka. Väčšina plynov uniká do komína a spolu s ňou aj užitočná energia. Plyny majú tiež veľmi malý priestor na odovzdanie svojej energie inému médiu napr. vode. Takéto kotly zväčša nie sú vhodné na spaľovanie dreva, pretože ich účinnosť je nízka – približne 50%.

### Kotly so spodným horením

Kotly so spodným horením sa líšia od prehorievacích kotlov. Vzduch sa totiž neprivádza naraz k celému objemu paliva, ale len k jeho časti, pričom horí len spodná vrstva dreva. Zvyšok dreva sa vysušuje a pomaly sa z neho uvoľňujú plyny. Pridaním dodatočného vzduchu priamo do plameňa dochádza k horeniu plynov. V moderných kotloch tohto typu je spaľovacia komora z keramiky, ktorá je dobrým izolátorom a udržuje teplo vo vnútri komory. Tým sa dosahuje vysoká teplota spaľovania a účinnejšie horenie. Bežná účinnosť takýchto kotlov je asi 65-75%.

### kotly SO SPLYŇOVANÍM DREVA

Splyňovacie kotly sú najúčinnější zariadenia a sú konštruované tak, aby pri horení paliva dochádzalo k pyrolytickej destilácii, pri ktorej sa všetky spáliteľné zložky paliva splyňujú. Spaľovanie prebieha trojstupňovým procesom v jednotlivých zónach kotla:

1. zóna - vysušenie a splyňovanie drevnej hmoty,
2. zóna - horenie drevného plynu na tryske s prívodom predohriateho sekundárneho vzduchu,
3. zóna - dohorievanie v nechladenom spaľovacom priestore.

Takto riadený systém spaľovania zaručuje vysokú účinnosť – často až 90 %. Pri tom býva výkon kotla plynulo regulovateľný od 40% do 100%. Spaľovací priestor vrátane trysky býva vyrobený zo špeciálnych žiaruvzdorných materiálov. Riadenie prevádzky kotla zabezpečuje elektronický regulátor v závislosti na prevádzkovej teplote a jej predvoľby.

Vzhľadom na vysoký stupeň automatizácie splyňovacích kotlov, prevádzka takýchto zariadení kladie minimálne nároky na obsluhu. Obsah násypky dreva postačí minimálne na 8-12 hodín prevádzky pri strednom výkone. Väčšina splyňovacích kotlov umožňuje prevádzku v tzv. "tepelnej rezerve", kedy kotol vydrží v útlme až 24 hodín bez zásahu obsluhy. Aj po uplynutí tejto doby zaisťujú spínacie hodiny nábeh kotla na plný výkon. Pri výpadku elektrického prúdu prejde kotol automaticky do tepelnej rezervy. Odstraňovanie popola sa

vykonáva približne raz za 3-5 dní. Pri automatickej prevádzke s dodávaním paliva zo zásobníka pracuje kotol bezobslužne podobne ako kotol na plyn alebo elektrický bojler. Osobitný režim zaisťuje potrebnú dodávku tepla počas denných aj nočných hodín, kedy stačí vykurovaný objekt len temperovať. Kotly sú určené pre montáž do systému s núteným obehom aj samotiažnou cirkuláciou. Kotol zvyčajne musí mať samostatný komín, ktorý by mal byť dostatočne tepelne izolovaný.

obr.kotolrez.jpg

Text:

Kotol so splyňovaním dreva.

V splyňovacích kotloch je možné spaľovať suchú drevnú hmotu, prírodné drevné odpadky v celej škále podôb od štiepkov cez polená s dĺžkou až 80 cm a priemerom až 30 cm až po drevené brikety alebo pelety. V kotloch by sa však nikdy nemalo spaľovať drevo natreté farbou alebo lepené lepidlom, nakoľko prímiesy vedú pri spaľovaní k tvorbe toxických látok.

## DREVO AKO PALIVO

<b>1000 kg suchej drevnej hmoty sa svojou energiou vyrovná :</b>
• 450 kg čierneho uhlia
• 520 kg koksu
• 340 kg vykurovacieho oleja
• 320 kg butánu

Veľkou výhodou dreva je, že pri dobrom uložení si uchováva svoj energetický obsah – dokonca ho v prvých dvoch až troch rokoch relatívne zvyšuje. Je to tým, že v tomto období vysychá. To je dôležitý fakt, pretože vlhkosť v dreve sa uvoľňuje až v kotli a to na úkor výhrevnosti. Súčasne pri spaľovaní vlhkého dreva klesá aj teplota spaľovania, čo vedie k nesprávnemu zoxidovaniu všetkých spáliteľných zložiek, dochádza k dymeniu, zanášaniam dymových potrubí a k znižovaniu životnosti kotla.

Pri správnom spaľovaní a pri správnej vlhkosti drevo horí prakticky bez dymu, ľahko sa zapáľuje, nešpiní pri manipulácii a tvorí málo popola asi 1% pôvodnej hmotnosti. Drevný popol je nespekavý a výborne sa hodí ako prírodné hnojivo. Obsahuje totiž dusík, vápnik, horčík, hydroxid draselný, oxid kremičitý, kyselinu fosforečnú a stopové prvky.

Najdlhšie sa oheň udrží tvrdými drevami, najľahšie zase horia ľahké listnaté a ihličnaté drevá. Výborne však horí každé drevo, ktoré má nízky obsah vlhkosti t.j. 15-20%. Všeobecne sa požaduje doba sušenia 18 až 24 mesiacov. Túto dobu je možné účinne skrátiť na 12 až 15 mesiacov, keď sa rozreže na potrebnú dĺžku. Lepšie je drevo rozštiepané na štvrtky ako celá guľatina. Pokiaľ je guľatina príliš tenká na štiepanie, mala by z nej byť odstránená kôra.

Doba sušenia a priemerná vlhkosť dreva v %.

Doba sušenia	Spôsob skladovania							
	A		B		C		D	
	Š	G	Š	G	Š	G	Š	G
0	75	78	76	78	75	78	73	76
3 mesiace	48	62	48	61	44	61	36	40
6 mesiacov	37	46	32	45	29	35	25	29
9 mesiacov	33	38	27	37	26	28	23	28
1 rok	36	35	26	33	25	27	24	27
1,5 roka	18	27	18	21	17	17	15	16
2 roky	16	24	16	17	16	14	14	13
2,5 roka	15	24	15	18	15	14	13	13

A - Metráž skladovaná voľne.

B - Metráž uskladnená 3 mesiace po vyrúbaní pod ochrannou strechou.

C - Polená 33 cm dlhé, uskladnené 3 mesiace po rozštiepaní pod ochrannou strechou.

D - Polená 33 cm dlhé, uskladnené ihneď po rozštiepaní pod ochrannou strechou.

G - guľatina, Š - štvrtky.

Brikety

obr.brikety.jpg

Brikety sú valcovité telesá s dĺžkou asi 15-25 cm vyrobené z odpadovej biomasy drtением, sušením a lisovaním bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním sa dosahuje vysoká hustota (1200 kg/m<sup>3</sup>), čo je dôležité pre objemovú minimalizáciu paliva. Vysoká výhrevnosť (19 MJ/kg) je zárukou nízkych nákladov na vykurovanie. Nízka popolnosť (0,5%), neobmedzená skladovateľnosť, bezprašnosť a jednoduchá manipulácia sú vlastnosti, ktoré tomuto palivu dávajú špičkové parametre.

Štiepky

obr. stiepky.jpg

Štiepky sú 2-4 cm dlhé kúsky dreva, ktoré sa vyrábajú štiepkovaním z drevných odpadov napr. tenčiny z preriedovania porastov alebo konárov. Štiepky sú odpadovým produktom drevárskeho priemyslu a ich energetické zužitkovanie sa stalo v mnohých krajinách bežné. V Dánsku aj v Rakúsku existuje viacero väčších obecných kotolní spaľujúcich štiepky. Výhodou štiepkov je, že rýchlejšie schnú, a tiež umožňujú automatickú prevádzku kotlov pri použití zásobníka a dopravníka paliva.

Pelety

obr. pelletyy.jpg

Pelety sú relatívne novou formou dreveného paliva, ktoré umožnilo kotlom spaľujúcim biomasu ich čiastočnú alebo úplne automatickú prevádzku. Peleta je názov pre granulu kruhového prierezu s priemerom okolo 6-8 mm a dĺžkou 10-30 mm. Pelety sú vyrobené výhradne z odpadového materiálu ako sú piliny alebo hobliny bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním pod vysokým tlakom sa dosahuje vysoká hustota paliva. Ich veľkou výhodou je, že majú nízky obsah vlhkosti – asi 8 až 10 %. Relatívne vysoká hustota materiálu (min. 650 kg/m<sup>3</sup>) znamená aj vysokú energetickú hustotu - až 20 MJ/kg. Týmito parametrami sa pelety vyrovnajú uhlíu.

obr.palivo.jpg

V poloautomatických kotloch bývajú zásobníky na pelety skonštruované tak, aby objem vsypaného paliva vystačil asi na 1 týždeň. Po tejto dobe je potrebné vybrať popol a doplniť palivo. Dlhší cyklus prikladania umožňujú zásobníkové silá. Tie môžu mať podobu drevenej ohrady, malej príľahlej miestnosti alebo podzemnej nádrže, z ktorej sú pelety premiestňované do kotla dopravníkom. V prípade vybudovania sila sa užívateľ nemusí starať o palivo celý rok. Spôsob doplňovania paliva je veľmi jednoduchý. Do zásobníku sa palivo nasype priamo z transportných vriec (20 alebo 50 kg) alebo z nákladného automobilu.

obr. lkwpelet.jpg

Text:

Prevádzka kotlov spaľujúcich pelety je automatická. Dodávka paliva sa vykonáva pred vykurovacou sezónou.

	<b>Rakúsko</b>	<b>Dánsko</b>	<b>Švédsko</b>
Výroba peletov za rok	29.000 ton	150.000 ton	500.000 ton
Počet systémov s centrálnym vykurovaním	1000	4000	4000
Počet výrobcov kotlov na pelety	27	23	14
Hlavné použitie peletov	vykurovanie jednotlivých domov	systemy s centrálnym vykurovaním	systemy s centrálnym vykurovaním

### Spotreba PALIVA

Spotreba paliva v splyňovacom kotli na drevo sa pohybuje od asi 4 kg/hod. pre kotol s výkonom 18 kW až po 18 kg/hod. pre 80 kW zariadenie. V našich klimatických podmienkach spotrebuje priemerný dom (150 m<sup>2</sup> obytnej plochy) za vykurovaciu sezónu asi 12 m<sup>3</sup> dreva (polená).

Približná spotreba dreva (polená) pre rôzne výkony kotlov :

Výkon (kW)	Spotreba dreva (kg/hod.)	Spotreba dreva za vykurovaciu sezónu (m <sup>3</sup> )
18	4	10
25	6	15
32	7	20
50	13	30
80	18	50

Spotreba peletov na vykurovaciu sezónu pre typický rodinný dom sa pohybuje na úrovni 7-8 m<sup>3</sup>. Pre štiepky je to asi 25 m<sup>3</sup>.

### Výroba elektriny

Tradičný spôsob výroby elektriny z biomasy je vo väčšine prípadov založený na jej priamom spaľovaní a výrobe pary, ktorá poháňa parnú turbínu podobne ako je to v uhľových elektrárnach. Táto technológia je dnes veľmi prepracovaná a umožňuje použitie viacerých druhov vstupných surovín. Jej nevýhodou je, že si vyžaduje relatívne vysoké investičné náklady na jednotku výkonu, celková účinnosť výroby je nízka a navyše neposkytuje možnosti ďalšieho zlepšenia.

Výroba elektriny splyňovaním biomasy je novou metódou. Namiesto priameho spaľovania biomasy sa využíva proces jej splyňovania a následného spaľovania plynu v plynovej turbíne podobne ako je to pri výrobe elektriny v elektrárnach na plyn. Výhodou tejto technológie je oveľa vyššia účinnosť, nakoľko pri splyňovaní až 65-70% energie obsiahnutej v biomase sa premieňa na horľavý plyn. Investičné náklady na výstavbu plynových turbín sú relatívne nízke a navyše tu existujú značné možnosti zlepšovania technológie. Hoci metóda splyňovania poskytuje viacero výhod ešte nie je dostatočne rozvinutá, na to aby mohla byť bežne používaná.

Elektrárne so splyňovaním biomasy pozostávajú z nasledujúcich komponentov:

- Zariadenie na prípravu a dopravu paliva
- Splyňovacia reaktorová nádoba
- Čistička plynov a zmiešavací systém
- Turbína resp. spaľovací motor.

Pri spaľovaní plynov v motoroch alebo turbínach sa vyžaduje použitie veľmi čistého plynu. Na výrobu takéhoto plynu sú potrebné nielen dodatočné zariadenia ako sú chladiče a zmiešavacie systémy, ale aj špeciálne upravená reaktorová nádoba, čo celú technológiu značne komplikuje. Navyše technológia je dosť citlivá na použitý typ biomasy (rôzne druhy sa správajú odlišne), čo si vyžaduje vyššiu kontrolu vstupných surovín ako v iných typoch elektrární. Najlepším palivom býva drevné uhlie zbavené vlhkosti a iných prechavých látok, to však znamená osobitné zariadenie na jeho výrobu.

V najjednoduchších plynových turbínach sú horúce odpadové plyny vypúšťané priamo do ovzdušia. V moderných technológiách sú však tieto plyny využívané na výrobu pary v osobitných parogenerátoroch. Táto para sa môže použiť buď na vykurovanie objektov (kogeneračná jednotka), alebo je vháňaná späť do turbíny, čím sa zvyšuje výkon a účinnosť výroby (Steam-injected gas turbine - STIG), alebo sa použije na ďalšiu výrobu elektriny v parnej turbíne (Gas turbine/steam turbine combined cycle - GTCC), čo taktiež vedie k zvýšeniu celkového výkonu a účinnosti zariadenia.

Z uvedeného je zrejmé, že elektrárne so splyňovaním biomasy sú podstatne zložitejšie ako zariadenia (kotle) používané len na výrobu tepla. Napriek tomu sú do vývoja uvedených splyňovacích technológií dnes investované milióny dolárov ročne. V pozadí je snaha o nahradenie zemného plynu, ktorý je dnes uprednostňovaný pri výrobe elektriny uhlím, ktorého zásoby sú oveľa väčšie. Splyňovanie uhlia a následná výroba elektriny nemajú také nežiadúce dopady na životné prostredie ako klasické spaľovanie uhlia, a preto sa táto metóda označuje ako tzv. "čisté spaľovanie uhlia". Vývoj týchto technológií však umožňuje aj používanie biomasy ako paliva, ktoré je dosť podobné uhliu (Biomass integrated gasifier/gas turbines - BIG/GT). Výhodou biomasy v porovnaní s uhlím je, že sa ľahšie splyňuje a má veľmi nízky obsah síry, čo značne znižuje náklady na výrobu elektriny a dáva uvedenej technológii BIG/GT veľkú perspektívu do budúcnosti.

#### Spoločné spaľovanie uhlia a biomasy

Spoločné spaľovanie uhlia a biomasy je vzhľadom na podobnosť uvedených palív možné. Je to tiež jedna z ciest znižovania emisií spojených s výrobou elektriny v uhoľných elektrárnach. Vo svete dnes pracuje viacero takýchto elektrární, ktoré sa líšia zastúpením biomasy v zmesnom palive. Bežne sa podiel biomasy pohybuje na úrovni 5 - 20 %, zvyšok tvorí uhlie. Moderná elektráreň so spoločným spaľovaním biomasy a uhlia bola postavená v roku 1999 v rakúskom Zeltwegu. Biomasa tu nie je priamo primiešavaná do paliva, ale je najskôr splyňovaná a tieto plyny sú spoločne spaľované s uhlím v zariadení s celkovým výkonom 10 MW. Spotreba dreva (štiepky) ako paliva predstavuje 16 m<sup>3</sup> za hodinu. Tento projekt nazvaný "Biocomb" je demonštračným zariadením financovaným EÚ.

#### SLAMA AKO PALIVO

Odpady z poľnohospodárskej produkcie sú z hľadiska obsahu energie veľmi významným zdrojom. Do tejto skupiny patrí hlavne slama alebo hnojovica. Tieto zdroje sú dnes intenzívne využívané vo viacerých krajinách vrátane rozvojových. V Indii sa ročná spotreba organických odpadov pre energetické účely pohybuje na úrovni 110 milión ton, pričom spotreba dreva predstavuje asi 133 miliónov ton ročne. V Číne je ich podiel je až 2,2 násobný v porovnaní s drevom.

obr. slama.jpg

Slama má vyššiu mernú výhrevnosť ako hnedé uhlie a ako palivo na vykurovanie sa dnes využíva v mnohých vyspelých krajinách. Niekoľko stoviek takýchto zariadení na vykurovanie celých obcí alebo poľnohospodárskych podnikov sa nachádza vo Veľkej Británii, Dánsku, Rakúsku a iných krajinách. Budovanie spaľovní slamy vo vyspelých krajinách bolo podporované čiastočne z dôvodov ochrany životného prostredia (spaľovanie slamy na poliach je zakázané) a čiastočne aj preto, že je to ekonomicky výhodné a takéto spaľovne poskytujú dodatočný zdroj príjmov pre poľnohospodárov. Veľké množstvo slamy vzniká aj u nás a jej



energetické využitie by znamenalo zisk v podobe náhrady klasického paliva lacným odpadom. Bohužiaľ, na Slovensku doposiaľ neexistuje žiadne zariadenie na spaľovanie tejto energetickej suroviny.

Pri pohľade na polia je evidentné, že na nich zostávajú milióny ton slamy bez úžitku. Veľká časť je často spaľovaná, zakopávaná alebo ponechaná hnitiu. Snaha odstraňovať z polí odpady vedie k dôležitej otázke : koľko odpadov by malo na poliach zostať, aby bolo možné zaistiť udržateľnú produkciu? Na základe skúseností z vyspelých krajín vyplýva, že z polí je možné bez problémov zozbierať až 35% odpadov bez toho aby to malo nepriaznivý dopad na kvalitu pôdy a budúcu rastlinnú produkciu. Z dánskych údajov vyplýva, že až 59% slamy je nadbytočnej. Približne 1/5 z tohto množstva sa v tejto krajine dnes využíva na energetické účely (vykurovanie obcí).

Energetický obsah ukrytý v slame je pritom značný – 4,9 kWh/kg suchej hmoty resp. 4,0 kWh/kg pre slamu s vlhkosťou asi 15 %. Energia obsiahnutá v 1 m<sup>3</sup> stlačenej slamy takto predstavuje asi 500 kWh (hustota 120 kg/m<sup>3</sup>). Účinnosť spaľovania slamy v kotloch je tiež relatívne vysoká – priemer z 22 dánskych kotolní je 80 až 85%.

Potenciálne množstvo slamy, z ktorej by bolo možné časť využiť na energetické účely, je možné veľmi jednoducho určiť na základe štatistických údajov o produkcii obilnín. V našich klimatických podmienkach je pomer slamy a obilia nasledovný :

- pšenica 1,3 ton slamy/tonu obilia
- ovos 1,1 ton slamy/tonu obilia
- jačmeň 0,8 ton slamy/tonu obilia

Hrubý odhad o produkcii slamy je tiež možné získať z priemerných výnosov obilia, ktoré sa pohybujú na úrovni 4-7 ton/ha.

Energetické zužitkovanie slamy má viacero pozitívnych dopadov na spoločnosť. Predovšetkým prináša nové pracovné príležitosti a zároveň poskytuje poľnohospodárom možnosť finančných úspor cez úspory energie. Zo skúseností z Dánska vyplýva, že aj pri použití plnej mechanizácie vzniká asi 350 nových pracovných miest na každú TWh vyrobenej energie.

Spaľovanie slamy prináša aj isté obmedzenia a dnes sa jej využitie sústreďuje len na veľké kotolne, zvyčajne napojené na centralizovaný systém zásobovania teplom alebo na poľnohospodárske podniky. Súvisí to s tým, že slama je dosť zložitá palivo – predovšetkým je nehomogénne a z hľadiska energetickej hustoty zaberá veľký objem 10 až 20-krát väčší ako uhlie. Navyše 70% spáliteľných častí slamy je obsiahnutých v plynách unikajúcich počas zohrievania – tzv. prchavé zložky. Tak vysoký obsah prchavých zložiek vytvára problémy pri spaľovaní hlavne pri primiešavaní správneho množstva vzduchu. Slama tiež obsahuje chlórivé zlúčeniny, ktoré môžu spôsobovať koróziu materiálov, hlavne pri vyšších teplotách. Napriek uvedeným ťažkostiam je spaľovanie slamy technicky zvládnuté a tiež veľmi ekonomické. Počet takýchto zariadení vo svete preto rýchlo rastie. V Dánsku bolo od roku 1980 postavených viac ako 70 spaľovní slamy. Ich výkon sa pohybuje od 0,6 MW do 9 MW. Väčšina z nich spaľuje celé baly slamy s rozmermi 2,4x1,2x1,3 m a hmotnosťou 450 kg. Býva zvykom, že tieto spaľovne sú zálohované osobitným kotlom na vykurovací olej, ktorý pokrýva spotrebu energie počas obdobia maximálneho odberu alebo počas odstávky spaľovne

slamy. Kotle na slamu bývajú dimenzované na 60-70 % maximálnej záťaže, čo umožňuje jednoduchšiu a ekonomickejšiu prevádzku počas letných mesiacov s nízkym odberom tepla.

obr. spalovnaslamy.jpg

Väčšie spaľovne slamy zvyčajne pozostávajú zo skladu, žeriavu, dopravného pásu, kotla, čistiaceho zariadenia odpadových plynov a komína. Prevádzka celého zariadenia býva plne automatická a bez obslužného personálu. Dopravný pás privádza celé baly slamy do roštu umiestneného v spodnej časti kotla. Na tomto mieste dochádza k spaľovaniu. Rošt je zvyčajne rozčlenený na viacero zón s osobitnými ventilátormi dodávajúcimi vzduch do spaľovacej komory. Spaľovací proces je elektronicky kontrolovaný individuálne v každej zóne, čím sa dosahuje optimálne horenie. Prchavé zložky sú spaľované v komore nad roštom, kam sa osobitnými prieduchmi privádza vzduch zabezpečujúci horenie. Uvoľnené teplo je následne odovzdávané cez steny kotla vode cirkulujúcej sústavou potrubí. Horúca voda je potom rozvádzaná do miesta spotreby.

obr. dopravníkadrtičslamy.jpg

text:

Dopravník a drvič v automatickom zariadení na spaľovanie slamy.

Slama dodávaná do spaľovni musí vyhovovať istým požiadavkám. Hlavne obsah vlhkosti je kritickým parametrom. Vlhkosť sa zvyčajne pohybuje na úrovni 10-25% avšak môže byť i vyššia. Problémom je, že rôzne typy slamy sa počas spaľovania správajú odlišne. Niektoré horia výbušne, kým iné veľmi pomaly pričom takmer všetok popol zostáva na rošte. Skúsenosti ukazujú, že prevádzka týchto spaľovní je veľmi špecifická. Menšie spaľovne s výkonom pod 1 MW sa zvyčajne používajú v poľnohospodárskych podnikoch. Väčšina týchto spaľovní je ručne obsluhovaná a v minulosti sa u nich vyskytovali aj problémy s unikajúcim dymom. V súčasnosti sa presadzujú na trhu automatizované zariadenia s doplnovaním slamy 1 až 2-krát denne a bez problémov s emisiami.

## **RÝCHLORASTÚCE DREVINY**

Niektoré druhy rastlín vyznačujúce sa rýchlym rastom alebo kvalitou produkovaného oleja je možné pestovať za účelom ich budúceho energetického využitia. Tzv. energetické rastliny sa využívajú podobne ako ostatné druhy biomasy (napr. drevo, slamu) na výrobu tepla, elektriny, ale aj kvapalných palív použiteľných v doprave.

Pre energetické "plantáže" prichádzajú do úvahy rôzne rýchlorastúce dreviny určené na priame spaľovanie, rastliny spracovateľné fermentáciou na výrobu etanolu a rastliny bohaté na olej a vhodné na výrobu bionafty ako napr. repka olejná, ktorá sa na Slovensku už pre tieto účely využíva.

obr. energyplant.jpg

Pestovanie biomasy pre energetické účely je veľmi perspektívne pre mnohé krajiny. Vzhľadom na značnú nadprodukciiu poľnohospodárskych produktov v Európe a USA, často vyvolávajúcu potreby dotácií farmárom za nevyužívanie pôdy, existuje snaha využiť túto pôdu na takéto účely. V Európskej únii sa predpokladá, že až 20-40 miliónov hektárov pôdy

bude v blízkej budúcnosti nadbytočnej z hľadiska produkcie potravín. Táto pôda prichádza do úvahy na pestovanie energetických rastlín. Podobnú situáciu je možné očakávať aj v ďalších krajinách vrátane Slovenska. Pre pestovanie energetických rastlín je možné využívať nielen pôdu vyňatú z produkcie poľnohospodárskych plodín, ale aj pôdu menej kvalitnú napr. okolo ciest alebo kontaminovanú.

Istou nevýhodou pestovania rýchlorastúcich drevín je nevyhnutnosť používať hnojivá podobne ako pri iných plodinách. Popol zo spaľovania týchto rastlín však je možné použiť ako hnojivo. Z hľadiska energetickej produkcie je však podstatné, že aj pri započítaní energetických vstupov je celková energetická bilancia kladná. Pomer získanej a vloženéj energie je zvyčajne 5:1.

obr. vrby.jpg

Pre priame spaľovanie v kotloch sú vhodnými rastlinami napr. niektoré druhy vrb alebo tráv. Výhodou týchto rastlín je, že na rozdiel od dreva je ich produkcia (obdobie medzi siatím a zberom) krátka – zvyčajne 3 až 8 rokov. Pre niektoré druhy tráv je to ešte menej – 6 až 12 mesiacov. V súčasnosti sa vo svete využíva asi 100 miliónov hektárov pôdy na pestovanie rýchlorastúcich drevín. Väčšina týchto stromov sa využíva v drevospracujúcom priemysle. Parametre, ktoré sú rozhodujúce pri výbere rýchlorastúcich drevín sú ich dostupnosť, vhodnosť pre daný typ pôdy i podnebia a potenciálny výťažok z hektára za rok (ton/ha/r). Výťažok je najdôležitejším ukazovateľom a pre vrby pestované v našich podmienkach môže dosiahnuť 15 ton suchej hmoty na hektár za rok. Prírastok niektorých vrb sa pohybuje od 2 do 3 metrov za rok (2-3 cm denne v letnom období). Bežná hustota výsadby predstavuje 5.000-20.000 stromov na hektár (vzdialenosť medzi stromami asi 1 meter), žatva prebieha v dvoch až päť ročných cykloch, pričom stromy dokážu zostať produktívne až po dobu 30 rokov.

Prírastky niektorých druhov rýchlorastúcich rastlín.

	<b>Prírastok (ton/ha/rok)</b>	<b>Energetický obsah (GJ/tonu)</b>	<b>Energ. potenciál (GJ/ha/rok)</b>
Salix (vrba)	15	16	240
Miscanthus (slonia tráva)	20	17	340
Sweet Sorghum	25	18	450

Z hľadiska ochrany životného prostredia je veľmi výhodné pestovanie vrb. Je ich totiž možné použiť na čistenie vôd v tzv. biologických čističkách. Na každom hektári je možné každý rok ekologicky zlikvidovať 10-20 ton odpadových vôd a kalov. Spojenie funkcie biologickej čističky a energetickej rastliny robí z vrb unikátny biologický druh. Podstatné je, že spaľovanie týchto drevín, podobne ako aj inej biomasy, neprispieva v emisiám síry ani skleníkových plynov do ovzdušia. Navyše pestovanie týchto rastlín pre energetické účely vedie aj k tvorbe nových pracovných príležitostí. Na základe zahraničných skúseností vyplýva, že jedno pracovné miesto pripadá na produkciu asi 500 ton suchej biomasy. Inou perspektívnou rastlinou je konope, ktoré sa vyznačuje vysokou produkciou živej hmoty až 24

ton/ha za približne 4 mesiace. Pestovanie konope je však vzhľadom na obsah omamných látok nelegálne.

## KVAPALNÉ BIOPALIVÁ

Na rozdiel od pevných a plyných biopalív sa kvapalné biopalivá využívajú predovšetkým na pohon motorových vozidiel. Palivo pre motorové vozidlo, ktoré si je možné vypestovať, je snom mnohých ľudí a biomasa je prakticky jediným obnoviteľným zdrojom, ktorý to umožňuje. Kvapalné biopalivá nie sú nové palivá. Skôr naopak, biomasa bola zdrojom energie ešte skôr, ako sa začal používať benzín. Výroba alkoholu (metanolu a etanolu) z biomasy pre technické účely je známa už od začiatku 20. storočia. V súčasnosti sú najdôležitejšími palivami vyrábanými z biomasy etanol, metanol a bionafta. Bionafta, vyrábaná z repky olejnej je jediným kvapalným biopalivom, ktoré sa využíva aj u nás. U našich susedov v Dolnom Rakúsku existuje asi 40 tis. hektárov, ktoré sa určené výlučne na pestovanie plodín, z ktorých sa vyrábajú biopalivá - hlavne bionafta. Ročná produkcia tu predstavuje 120 miliónov litrov.

## ALKOHOLOVÉ PALIVÁ

Z celosvetového hľadiska sú najrozšírenejšími kvapalnými biopalivami tzv. alkoholové palivá - etanol a metanol, ktoré sa vo svete vyrábajú hlavne z obilia, kukurice a cukrovej trstiny. Výhodou alkoholových biopalív, okrem toho že ich je možné dopestovať je, že pri ich spaľovaní sa tvorí menej škodlivín. Súvisí to s tým, že tieto palivá majú jednoduchšiu štruktúru ako benzín alebo nafta, lepšie horia a celý proces vedie k menšej tvorbe nespálených zvyškov. Z tohto pohľadu je metanol lepším palivom ako etanol. Vlastnosti etanolu a metanolu a ich porovnanie s ďalšími palivami sú v nasledujúcej tabuľke:

	<b>Etanol</b>	<b>Metanol</b>	<b>Benzín</b>	<b>Nafta</b>
Energetická hodnota (MJ/kg)	26,9	21,3	43,7	42,7
Bod varu (st. Celzia)	78,3	64,5	99,2	140-360
Oktánové číslo	106	105	79-98	-

Biomasa sa vyznačuje relatívne dobrou hustotou energie. Skutočnosť, že 1 milión ton ropy energeticky zodpovedá 2,3 milióna ton suchej biomasy viedla k tomu, že používanie alkoholových biopalív sa v mnohých krajinách stalo súčasťou národnej stratégie. Najväčším producentom kvapalných biopalív na svete je dnes Brazília. Významnú úlohu tieto palivá hrajú aj v krajine, ktorá je automobilovou veľmocou - v USA.

## ETANOL

len v doprave ale aj v priemyselnej a sociálnej sfére. Etanol sa však využíva aj na iné účely ako len v doprave. Veľmi dôležité je jeho uplatnenie v potravinárskom priemysle, a práve táto univerzálnosť je jednou z jeho hlavných výhod.

Istou nevýhodou výroby etanolu z poľnohospodárskych produktov je skutočnosť, že v prípade snahy o nahradenie väčšieho množstva klasických palív, by takáto veľkovýroba v celosvetovom meradle predstavovala konkurenciu k produkcii potravín. V čase, kedy mnoho ľudí vo svete hladuje, by takáto snaha bola asi sotva ospravedlniteľná. Navyše

pestovaním monokultúr, ktoré by takúto stratégiu sprevádzalo, by mohli vzniknúť problémy s biodiverzitou. Pri dnešnom charaktere poľnohospodárskej výroby je tiež na dopestovanie východiskovej suroviny nevyhnutné používanie veľkého množstva hnojív a to so sebou prináša ďalšie nevýhody v podobe znečistenie životného prostredia.

Uvedené nevýhody sa však netýkajú výroby etanolu z drevnej biomasy, ktorá sa ukazuje ako veľmi perspektívna. Podobne to platí aj pri výrobe etanolu z odpadovej biomasy z poľnohospodárskej produkcie. Problémom výroby etanolu fermentáciou z celulózy je, že celý proces vedie k malému výťažku pri relatívne vysokých nákladoch. V súčasnosti je zrejmé, že etanol pravdepodobne nemôže úplne nahradiť klasické palivá. Pri jeho rozumnej produkcii a použití môže však prispieť k nahradeniu časti ropy a ozdraveniu životného prostredia, hlavne v mestách.

V EÚ sa udáva, že ak by sa na výrobu etanolu použila napr. cukrová repa, tak by týmto palivom bolo možné zásobiť všetky poľnohospodárske stroje, pričom výmera pôdy by predstavovala približne 10 % ornej pôdy v EÚ. Zo skúseností totiž vyplýva, že z jedného hektára osiateho cukrovou repou je možné získať takmer 5 tisíc litrov etanolu. Bilancia takejto výroby je nasledujúca: z jedného hektára je možné získať v priemere 87.730 kg cukrovej repy. Podiel repy s priemernou cukrnatosťou 16% predstavuje 48.740 kg/ha. Zvyšok tvoria vedľajšie produkty – listy. Zo 48.740 kg repy je možné získať 4.755 litrov etanolu.

Hoci energetická bilancia pri výrobe etanolu (podiel získanej a vloženej energie) je približne polovičná v porovnaní s bionaftou (MERO) výhodou etanolu je, že z jedného hektára je možné získať viac litrov paliva (4755 litrov) ako v prípade MERO (asi 1400 litrov). Bilancia výroby etanolu prepočítaná na kg vstupnej suroviny vychádza lepšie, keď sa použije obilie. Na výrobu jedného litra etanolu je potrebných asi 2,8 kg obilia. V prípade cukrovej repy je to približne 10 kg.

Výrobná cena etanolu spolu s jeho destiláciou sa vo svete pohybuje na úrovni 0,6 USD/l (asi 30 Sk/l). Cena etanolu je dvojnásobná v porovnaní s metanolom, čo platí aj v prípade jeho syntetickej výroby. Pri tejto cene je jeho využívanie ako paliva v doprave problematické. Brazílsky príklad (pozri nižšie) však ukazuje, že je možné vytvoriť podmienky pre jeho širšie uplatnenie.

## POUŽITIE ETANOLU V SPALOVACÍCH MOTOROCH

Etanol vyrobený fermentáciou z biomasy je možné použiť buď ako palivo pre špeciálne skonštruované motory, alebo ako prísadu do benzínov v zastúpení 3 až 15%. Chemicky zmenený etanol na etylterbutylén (EBTE) sa vo svete postupne stáva dôležitou prísadou do bezolovnatých benzínov. Zvyšuje oktánové číslo a zlepšuje kvalitu horenia paliva v motore. Motor na etanol sa v princípe vyznačuje asi 300 odlišnosťami od klasického benzínového motora. Najdôležitejšie rozdiely spočívajú v tom, že :

- motor má vyšší kompresný pomer,
- má odlišné valce a tvar spaľovacej komory,
- palivová nádrž býva zvyčajne pocínovaná,
- palivové čerpadlo, karburátor a palivové potrubie sú vyhotovené z nehrdzavejúcich materiálov.

O využití etanolu v dopravě sa dnes vážne uvažuje aj v iných krajinách ako je Brazília a USA. Podľa údajov z Českej republiky sa má u našich susedov na tieto účely použiť ročne asi 60 tis. m<sup>3</sup> etanolu, na výrobu ktorého bude potrebné asi 200 tis. ton obilia, čo je asi 2% úrody v ČR.

Etanol má v porovnaní s inými palivami niekoľko výhod a nevýhod. Výhodou je, že z hľadiska snahy o nahradenie klasických palív vo svete existujú dostatočné výrobné kapacity s overenou technológiou výroby. Z hľadiska činnosti motora je dôležité, že etanol má vyššie oktánové číslo ako benzín - približne 106. Benzín má toto číslo 91 až 98. Vyššie oktánové číslo umožňuje vyššiu kompresiu a následne lepšiu účinnosť motora. Pre naftové motory je rozhodujúce cetánové číslo paliva. Čím nižšie cetánové číslo, tým dlhší čas je potrebný pre kompresné zapálenie zmesi. Alkohol (metanol aj etanol) má nižšie cetánové číslo ako nafta. Výhody používania etanolu v motorových vozidlách je možné zhrnúť nasledovne:

- etanol je dokonalejšie spaľovaný v motore,
- zaručuje vyšší výkon a otáčky motora,
- vykazuje nižšie emisie v spalinách.

V sociálnej a ekonomickej oblasti výhody zahŕňujú hlavne:

- tvorbu pracovných príležitostí v poľnohospodárstve pri pestovaní vstupnej suroviny,
- zlepšenie príjmov ekonomicke slabších vrstiev obyvateľstva podieľajúcich sa na pestovaní,
- zníženie závislosti na dovoze ropy.

Nevýhodou etanolu je, že spôsobuje rýchlejšiu koróziu kovových materiálov, má detergentný účinok (odstraňuje oleje) a napadá plastické hmoty. Navyše nevýhodou je, že výpary majú negatívny účinok na ľudský organizmus a ovplyvňujú vodičovú schopnosť viesť motorové vozidlo. Tieto výpary môžu byť problémom hlavne pri čerpaní pohonných hmôt. Etanol sa taktiež vyznačuje horším štartovaním motora pri nízkych okolitých teplotách.

Iné nevýhody použitia etanolu spočívajú v tom, že v dôsledku nižšej energetickej hustoty v jednom kilograme paliva majú vozidlá vyššiu spotrebu. Navyše pri spaľovaní dochádza k vyššej tvorbe aldehydov vo výfukových plynoch. V USA sa na odstránenie týchto škodlivín používajú vo vozidlách katalyzátory, ktoré znižujú tieto emisie o 80%.

Emisie motorových vozidiel spaľujúcich etanol závisia na vstupnej surovine, z ktorej bol etanol vyrobený. Vo všeobecnosti platí, že emisie zo spaľovania etanolu sú nižšie ako v prípade benzínu, pričom emisie CO, tuhých častíc a organických látok sú približne o polovicu nižšie a emisie N<sub>2</sub>O asi o jednu štvrtinu nižšie ako emisie z benzínových motorov. Problémom sú však už vyššie uvedené emisie aldehydov.

Pozitívny prínos pre životné prostredie má aj požívanie zmesi napr. 10% etanolu a 90% benzínu. Takéto palivo používané hlavne v USA znižuje tvorbu CO o viac ako 25% v porovnaní s akýmkoľvek iným benzínom. Etanol je málo reaktívny s vysokým oxidačným účinkom (obsah kyslíka), čím sa podieľa aj na znižovaní tvorby ozónu. Etanol je tiež bezpečnou náhradou za toxické prísady na zvyšovanie oktánového čísla benzínu ako sú benzén, toluén a xylén. Navyše etanol, tým že je vyrábaný z biomasy, znižuje tvorbu kyslíčnika uhličitého - najdôležitejšieho skleníkového plynu.

**BRAZÍLSKY ETANOLOVÝ PROGRAM**

Brazília je významným svetovým producentom cukru. Cukrová trstina, z ktorej sa cukor vyrába, sa tu pestuje vďaka európskym prisťahovalcom už od začiatku 16. st. V dôsledku problémov s klesajúcou cenou cukru na svetových trhoch a narastajúcich cenách ropy sa brazílska vláda rozhodla v roku 1973 vyhlásiť tzv. "Etanolový program (Proalcool)". Tento program až do súčasnosti zostáva najväčším komerčným využitím biomasy pre potreby výroby energie na svete.

Vďaka tomuto programu vzrástla výroba etanolu v Brazílii z 0,6 miliardy litrov v roku 1975 na 12 miliárd v roku 1991. Okrem toho sa tu z celkového množstva 229 mil. ton cukrovej trstiny zožatej z plochy 4 mil. hektárov ročne vyprodukuje približne 8,6 mil. ton cukru a 73 mil. ton melasy. V rámci tohoto programu bolo v Brazílii postupne vytvorených 400 priemyselných výrobní etanolu, ktorých produkcia dnes predstavuje 50% svetovej výroby etanolu.

Brazílska vláda si na začiatku programu vytýčila úlohu nahradiť ropu tzv. gasoholom, čo je zmes etanolu a benzínu. Táto náhrada sa uskutočnila veľmi jednoducho už počas prvých piatich rokov od zavedenia programu, nakoľko si nevyžadovala žiadnu úpravu benzínových motorov jazdiacich na takéto zmesné palivo. Výrobcom sa podarilo presmerovať nevyužitú kapacitu vo výrobe cukru na výrobu etanolu. Po vypuknutí druhej ropnej krízy si brazílska vláda vytýčila nový cieľ - úplne nahradiť benzín v motorových vozidlách za etanol. Brazílski výrobcovia automobilov (zväčša pobočky európskych a amerických automobiliek) súhlasili s uskutočnením technických zmien vo vozidlách, ktoré bolo nutné vykonať pri prechode na čistý etanol. Nevyhnutné investície spojené s týmto krokom programu boli hradené pomocou "mäkkých" úverov poskytovaných brazílskou vládou. Podpora sa prejavila aj v daňových úľavách, čo viedlo k tomu, že etanol a etanolom poháňané automobily sa stali pre brazílskych spotrebiteľov cenovo veľmi príťažlivými.

Veľký pokles ceny ropy na svetových trhoch v 80-tych rokoch vážne ovplyvnil ekonomiku etanolového programu v Brazílii. Vláda prestala financovať výstavbu nových závodov, a tým obmedzila výrobnú kapacitu. Spotreba etanolu sa znížila. Daňové úľavy však pretrvávali naďalej. Každoročný priemerný nárast spotreby o 27% v rokoch 1981 až 1986 sa znížil na 1,3% v rokoch 1986 až 1992. Výsledkom bol nedostatok etanolu v rokoch 1989 a 1990, čo značne ovplyvnilo celý etanolový program. Podiel predaných nových automobilov jazdiacich na čistý etanol sa znížil z takmer 100% v roku 1988 na približne 4% počas tejto krízy. Následne sa však dostal na úroveň 10% až 20% (v roku 1997 to bolo 12%). Etanolový program sa vďaka poklesu cien ropy dostal do vážnych problémov. Spoločnosť Petrobras (štátny podnik zodpovedný za výrobu a distribúciu kvapalných palív) sa snažila znížiť straty zo skladovania a distribúcie etanolu rôznymi cestami a to aj napriek skutočnosti, že sa vďaka vyššej účinnosti jeho výroby (v roku 1977 sa vyrobilo 2600 litrov z ha, v roku 1987 to bolo 3900 litrov a v roku 1991 to bolo 5400 l/ha) podarilo výrazne znižovať cenu etanolu (približne o 3% ročne).

Najdôležitejším dôvodom pre pokračovanie etanolového programu v Brazílii sa však postupne stala ochrana životného prostredia. Tak napr. mesto Sao Paulo sa zaviazalo udržať podiel etanolu v benzíne na úrovni 22%. Hlavným dôvodom je snaha o obmedzenie výskytu smogu v tomto meste. Aj keď vlastná výroba etanolu nebola zo začiatku úplne čistá a problémom boli úniky odpadových látok a znečistenie niektorých riek v okolí výrobných závodov, následným vylepšením technológie sa dosiahlo, že úroveň znečistenia prostredia je dnes oveľa nižšia ako pri výrobe benzínu. V oblasti emisií uhlíka (CO<sub>2</sub>) tiež došlo k ich

výraznému zníženiu, ktoré v ročnej bilancii predstavuje asi 9,5 mil. ton, čo je 13% celkových emisií z energetického sektora.

Brazílsky príklad využitia biomasy mal však aj pozitívny dopad na sociálnu sféru. Etanolový program viedol k vytvoreniu približne 1,2 milióna nových pracovných príležitostí (priame i nepriamo vyvolané pracovné miesta) a to hlavne pre menej kvalifikovaných pracovníkov. Toto číslo je 20-krát vyššie, ako je počet pracovných miest potrebných na spracovanie ropy v objeme, ktorý by nahradil etanol. Len kávové a bavlnené plantáže vykazujú vyššiu potrebu pracovných príležitostí na hektár ako cukrová trstina. Hoci práca súvisiaca so žatvou cukrovej trstiny patrí k slabšie plateným, predtým nezamestnaní obyvatelia majú takto možnosť zvýšiť si svoj príjem. Ukázalo sa, že aj investičné náklady na vytvorenie jedného miesta v etanolovom priemysle sú nižšie a to až o 25% ako v iných priemyselných sektoroch. Tento poznatok je obzvlášť dôležitý pre krajiny s obmedzeným kapitálom a vysokou nezamestnanosťou.

V súčasnosti jazdí v Brazílii 4,2 milióna motorových vozidiel na čistý etanol a jeho ročná spotreba dosiahla 10,5 miliárd litrov. Ostatné vozidlá jazdiace na zmes etanolu a benzínu (22% etanolu a 78% benzínu) spotrebúvajú ďalších asi 1,3 miliardy litrov etanolu ročne. Zaujímavosťou je, že napriek tomu, že všetky dovážané automobily si vyžadujú istú úpravu, aby mohli jazdiť na túto zmes, neexistuje žiaden tlak výrobcov automobilov na brazílsku vládu, aby sa táto situácia zmenila.

Etanolový program je z ekonomického hľadiska pre Brazíliu veľmi výhodný. Podľa mnohých odborníkov by sa bez tohto programu Brazília ocitla v ešte väčších problémoch, ako je v súčasnosti. Tento program totiž ušetril asi 12 miliárd dolárov na dovoze ropy a vytvoril mnoho nových pracovných miest. Aj napriek ekonomickým ťažkostiam, vyvolaným hlavne klesajúcimi cenami ropy, tento program úspešne dokumentoval technickú možnosť nahradenia ropy etanolom vo veľmi širokom meradle.

## ETANOL V USA

Etanol vyrábaný hlavne z obilia je veľmi populárnym palivom aj v USA, kde sa používa buď priamo alebo ako prísada do benzínu. V dôsledku priaznivej daňovej politiky sa zmes 10% etanolu a 90% benzínu v USA používa už mnoho rokov. Takéto zmesné palivo nemá žiadny negatívny vplyv na výkon motora. Má však veľmi priaznivý vplyv na znižovanie emisií škodlivých látok. Celkové množstvo predanej zmesi etanolu a benzínu dosahuje ročne asi 50 miliárd litrov, pričom podiel etanolu predstavuje asi 3 miliardy litrov. Celkovo je to však len 0,7% z objemu predaného benzínu v tejto krajine. Vzhľadom na viaceré výhody, ktoré sa na používanie etanolu viažu, by toto množstvo malo v budúcnosti vzrásť až na 6,5 miliardy litrov ročne.

Etanolovému programu sa v USA darí aj vďaka daňovým úľavám, ktoré ročne dosahujú až 200 mil. dolárov. Tieto úľavy sú však z pohľadu štátnej pokladnice vykompenzované dodatočnými príjmami na úrovni 700 miliónov dolárov ročne v dôsledku ekonomických aktivít súvisiacich s etanolovým programom. Na rozbehnutie tohto programu boli v USA doteraz investované asi 3 miliardy dolárov, pričom z tejto sumy bolo vybudovaných 43 výrobní etanolu v 20-tich štátoch.

V sociálnej oblasti etanolový program viedol v USA k vytvoreniu asi 40 tis. priamych a nepriamych nových pracovných príležitostí, čo viedlo k ročnému zvýšeniu príjmov



obyvateľstva o 1,3 miliardy dolárov. Celkový dodatočný prínos etanolového priemyslu pre americkú ekonomiku sa odhaduje na 6 miliárd dolárov ročne. Dopyt po obilí, z ktorého sa etanol vyrába, zvýšil príjmy farmárov po zavedení programu o viac ako 12 miliárd dolárov. Očakáva sa, že objem ekonomických aktivít zvýši uvedený zisk do roku 2000 až na 30 miliárd dolárov. Etanolový program priniesol výhody hlavne malým vidieckym sídlam, kde existujú výrobné závody. Ročná produkcia 400 miliónov litrov v priemerne veľkom podniku znamená vytvorenie asi 2250 nových pracovných príležitostí. Z hľadiska poľnohospodárskej výroby sa na výrobu etanolu ročne spotrebuje asi 5% z celkovej úrody obilia v USA. Keďže tu existuje veľká nadprodukcia obilia (USA sú jedným z jeho najväčších exportérov na svete) má pre amerických farmárov výroba etanolu veľký význam. Ukazuje sa, že ak by neexistoval trh s etanolom, tak by sa ich príjem znížil asi o 11%. Otázne však zostáva, či takéto využitie obilia je ospravedlniteľné v čase, kedy milióny ľudí na svete zomierajú od hladu.

obr. etanol.jpg

Text:

Závod v americkom Hastings má dennú kapacitu výroby etanolu 325 tisíc litrov.

Etanolový program má pozitívny makroekonomický dopad aj na znižovanie dovozu, na ktorom sa dovoz ropy podieľa až 80% (USA dováža 53% domácej spotreby ropy). Etanol znižuje túto závislosť o 98 tisíc barelov denne, čo predstavuje ročné úspory 1,1 miliardy dolárov. Mimoriadne pozitívny vplyv má etanolový program tiež na oblasť životného prostredia.

## **METANOL**

Výroba metanolu (metylalkoholu) z dreva je vo svete známa už veľmi dlho. Metanol tu však často vystupoval len ako vedľajší produkt pri výrobe drevného uhlia. Takáto výroba sa však vyznačovala veľmi malým výťažkom. Dnes je situácia iná. Drevné uhlie postupne stratilo na význame a metanol sa stal dôležitým palivom pre motorové vozidlá. Najväčšie množstvo metanolu je dnes produkované v Brazílii, USA a Švédsku.

Metanol je pre človeka jedovatá látka. Je to čistá kvapalina bez zápachu, ktorá sa v prírode vyskytuje len sporadicky. Energetická hodnota jedného litra metanolu je 18 MJ, avšak účinnosť motora na takéto palivo je vyššia ako v prípade benzínu (asi o 20%), čo v podstate zvyšuje energetickú hodnotu litra metanolu na 22,5 MJ. Metanol sa navyše vyznačuje veľkou univerzálnosťou, a tiež sa používa ako východisková surovina v mnohých chemických procesoch.

Metanol je možné vyrobiť nielen z biomasy, ale aj z niektorých fosílnych palív ako napr. zo zemného plynu alebo z uhlia. Nevýhodou výroby metanolu z biomasy je, že jeho cena je asi dvojnásobná v porovnaní so syntetickým metanolom vyrobeným zo zemného plynu. Zaujímavosťou tiež je, že z metanolu je možné vyrobiť aj benzín, avšak celý proces výroby prebieha s energetickou stratou, a preto sa nevyužíva. V niektorých prípadoch však takéto výroba benzínu môže byť výhodná. Inou skutočnosťou je, že benzín sa dá vyrobiť z biomasy priamo bez toho, aby bolo nutné prejsť cez uvedený medzičlánok - výrobu metanolu.

Metanol je možné previesť na vysoko oktánové palivo pri relatívne nízkych nákladoch. Výhodou je, že takéto palivo neobsahuje síru a znečistenie z jeho spaľovania je veľmi nízke.

Pre výrobu metanolu sú dôležité dve otázky: aké množstvo biomasy je potrebné na výrobu a aký je pomer získanej a vlozenej energie z takejto výroby. Zo skúseností vyplýva, že z jednej tony suchej biomasy je možné vyrobiť asi 700 litrov metanolu. Na druhú otázku je možné odpovedať, že pomer získanej energie (metanol) a vlozenej energie na jeho produkciu je závislý hlavne na spôsobe výroby. Pri výrobe metanolu z obnoviteľných zdrojov je tento pomer vysoko pozitívny.

## POUŽITIE METANOLU V SPAĽOVACÍCH MOTOROCH

Vozidlá jazdiace na metanol sa z hľadiska výkonu a iných charakteristík (dojazd) podobajú vozidlám na benzín alebo naftu. Metanol je možné použiť ako palivo v čistej forme alebo ako zmes. Motor si však vyžaduje istú úpravu. V prípade naftových motorov je potrebné vozidlá vybaviť pomocným zapaľovacím systémom, nakoľko cetánové číslo metanolu je nízke. Tieto motory môžu spaľovať tiež zmes metanolu a nafty. Už pri obsahu niekoľko percent nafty v takejto zmesi nie je potrebné použiť zapaľovaciu sviečku.

V USA sa metanol predáva ako zmes označená M85 (85% metanolu a 15% benzínu) resp. M100 (čistý metanol). M85 je vhodný hlavne pre ľahšie vozidlá, kým M100 je určený pre dodávky a nákladné vozidlá. V súčasnosti je na cestách USA asi 15 tis. takýchto vozidiel. Z väčších automobiliek dodávajú metanolové vozidlá na trh Ford (model Taurus) a Chrysler (Dodge Intrepid). Aby mohli vozidlá jazdiť na túto zmes, vyžadujú si špeciálnu úpravu, ktorá stojí asi 250 dolárov. Ford vyvinul špeciálny motor spaľujúci čistý metanol aj pre svoj model Escort. Poslednou novinkou však je tzv. flexibilný model FFV (Flexible Fuel Vehicle), ktorý umožňuje jazdu na akúkoľvek zmes benzínu a metanolu.

Metanol má vysoký pomer vodíkových atómov a oveľa vyššiu energetickú hustotu ako skvapalnený vodík. Z tohto dôvodu sa skúma aj jeho použitie v palivových článkoch, ktoré sú veľmi perspektívnym zdrojom energie pre motorové vozidlá.

Emisie vozidiel na metanol závisia od vstupného materiálu, z ktorého bol vyrobený. Metanol vyrobený z dreva a použitý ako náhrada za benzín sa vyznačuje nižšími emisiami všetkých škodlivín (v priemere o 20% až 70 %). Nahradenie nafty za metanol v naftových motoroch znamená podstatné zníženie emisií tuhých častíc (dymu). Ekologické prednosti metanolu použitého v nákladnom vozidle v porovnaní s naftou sú dokumentované v nasledujúcej tabuľke:

	<b>Zníženie emisií</b>
NO <sub>x</sub>	- 65 %
CO	- 95 %
Uhl'ovodíky	- 95 %
Dym	- 100 %

Metanol má v porovnaní s klasickými palivami niekoľko výhod a nevýhod. Výhodou je, že výrobné technológie sú v praxi odskúšané, spoľahlivé a široko využívané (výroba alkoholu !?). Výhodou metanolu v porovnaní s etanolom je, že pre jeho výrobu existuje širší potenciál vstupných surovín. Metanol má v porovnaní s benzínom výhodu aj v tom, že má vyššie oktánové číslo približne 105. Benzín má oktánové číslo medzi 92 a 98. Vyššie oktánové číslo

umožňuje vyššiu kompresiu a následne lepšiu účinnosť motora. Výhodou tiež je, že metanol má vysokú kalorickú hodnotu, umožňuje vyššiu účinnosť spaľovania v motore, má nižšiu teplotu horenia, produkuje menej škodlivín a vo všeobecnosti predstavuje menšie riziko. Navyše v porovnaní s etanolom je metanol lacnejší. S metanolom sa tiež ľahšie zaobchádza ako s benzínom, pretože je menej prchavý, je bezpečnejší pri dopravných nehodách a prípadný požiar sa dá uhasiť aj vodou, pretože metanol je rozpustný vo vode. Požiar je možné veľmi jednoducho zlikvidovať aj na malú vzdialenosť od ohňa, čo je dôsledok nízkej teploty plameňa.

Nevýhodou metanolu je, že spôsobuje rýchlejšiu koróziu kovových materiálov, má detergentný účinok (odstraňuje oleje z miest, kde sú potrebné) a negatívne vplyva na plastické materiály. Tieto nevýhody je možné zmierniť použitím odolnejších materiálov vo vozidlách napr. ocele. Inou nevýhodou je, že metanol má neviditeľný plameň. Pridaním asi 15% benzínu do metanolu sa však plameň stáva viditeľným. Nevýhodou je tiež toxicita metanolu tak pri vdýchnutí ako aj pri pôsobení na kožu (riziko pri čerpaní paliva). V benzínových motoroch metanol spôsobuje väčšie problémy pri štartovaní pri teplote pod bodom mrazu. Predhriatie paliva podobne ako v prípade nafty tento problém pomáha vyriešiť.

Nevýhodou metanolu je aj formaldehydový zápach vznikajúci pri studených štartoch a zahrievaní vozidla. Dobu, počas ktorej tento zápach vzniká, sa podarilo skrátiť používaním oxidizačných katalyzátorov na dve minúty. Definitívne odstránenie týchto emisií by malo priniesť zavedenie systému zahrievania zmesi pred vstupom do katalyzátora.

Energetická hodnota metanolu je asi o polovicu nižšia ako nafty, preto vozidlá na metanol potrebujú zhruba dvakrát toľko paliva na dosiahnutie toho istého dojazdu. Podľa analýzy uskutočnenej v Japonsku zahrňujúcej 32 nákladných a dodávkových vozidiel s hmotnosťou 2 tony jazdiacich na metanol po cestách Tokya bola priemerná spotreba metanolu 50 l/100 km. Porovnateľné naftové vozidlá mali spotrebu 21 l/100 km. Nevýhodou metanolu je, že je takmer dvojnásobne drahší ako normálny benzín, navyše pre zaobchádzanie s ním sa v niektorých krajinách (napr. USA) vyžaduje osobitný bezpečnostný kurz.

## **BIONAFTA - RASTLINNÉ OLEJE**

Rastlinný olej je možné získať z viac ako 300 druhov rôznych rastlín, medzi ktorými je napr. repka olejnatá, slnečnica, oliva, sója, kokosový orech a i. Olej sa v nich nachádza v semenách alebo plodoch. Napriek tomu, že medzi takýmito olejmi existujú značné rozdiely vo viskozite, všetky je možné použiť v naftových motoroch ako náhradu za naftu. O tom, že R. Diesel, konštruktér naftového motora, sa vážne zaoberal rastlinnými olejmi svedčí aj fakt, že už v roku 1900 predstavil na svetovej výstave v Paríži motor, ktorý bežal na olej z búrskeho orieška. V roku 1912 Diesel napísal, že "hoci je použitie rastlinných olejov v súčasnosti bezvýznamné, v budúcnosti budú tieto oleje tak isto dôležité, ako sú petrolej alebo uhlie". Tieto slová sa však doteraz nenaplnili, pretože benzín a nafta svojimi vlastnosťami predstihli oleje, a preto ich z trhu automobilových palív veľmi skoro vytlačili. Po vypuknutí prvej ropnej krízy v roku 1973 sa problematikou využitia bionafty začali konštruktéri znovu zaoberať. Navyše v dôsledku intenzívneho rastu produkcie poľnohospodárskej výroby a nadprodukcie potravín vlády vyspelých krajín začali podporovať poľnohospodárov v prechode na pestovanie technických plodín, kam patrí aj bionafta - najčastejšie využívaná forma rastlinných olejov v doprave.

Význam bionafty je hlavne v tom, že takmer každý naftový motor je v princípe možné upraviť na spaľovanie bionafty. Pokiaľ sa zoberie do úvahy skutočnosť, že až 90% prepravy tovarov a osôb sa v súčasnosti vykonáva dopravnými prostriedkami spaľujúcimi naftu (nákladné vozidlá, autobusy, lokomotívy, lode, traktory atď.), predstavuje to obrovský potenciál. Navyše existuje veľký počet osobných motorových vozidiel s naftovými motormi, ktoré by taktiež mohli využívať bionaftu. V krajinách EÚ sa ich podiel na celkovom počte vozidiel pohybuje od 15-40%.

Použitie čistého rastlinného oleja v motoroch však prináša viacero ťažkostí, a preto sa tento olej upravuje esterifikáciou na metylester u nás označovaný ako MERO, v zahraničí sa používa termín RME (rape seed metyl ester - metyl ester repkového semena). Esterifikácia znižuje viskozitu rastlinného oleja a prináša mnoho výhod. Chod motora, výroba paliva, doprava a jeho skladovanie nie sú po esterifikácii problémom. Takýto olej je potom možné bez problémov primiešavať do nafty, čo sa na chode motora nijako negatívne neprejaví. Má to však pozitívny vplyv na zníženie emisií pri spaľovaní. Na rozdiel od rastlinných olejov však MERO obsahuje niektoré rakovinotvorné látky a je rovnako toxický ako nafta. Niektoré vlastnosti MERO a čistého rastlinného oleja a ich porovnanie s naftou sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

	<b>Nafta s nízkym obsahom síry</b>	<b>Bionafta (MERO)</b>	<b>Čistý repkový olej</b>
Cetánové číslo	46	61,2	42,6
Bod varu °C	191	347	311
Obsah síry (%váž.)	0,036	0,012	0,022
Teplo pri spaľovaní (kJ/kg)	46,42	40,6	40,4
Hustota	0,8495	0,8802	0,906

Bionafta, pod ktorou sa rozumie čistý rastlinný olej alebo MERO, sa z hľadiska energie obsiahnutej v jednom litri paliva približuje kvalite nafty, pričom táto hodnota je vyššia ako energetická hustota iných alternatívnych palív, čo dokumentuje aj nasledujúca tabuľka.

<b>Palivo</b>	<b>Energia v MJ/liter</b>
Nafta	35,1
Rastlinný olej	34,3
MERO (bionafta)	33,1
Etanol	21,1
Metanol	18,0
Vodík (kvapalný pri -256° C)	8,5
Elektrina z batérie	0,36

Výroba bionafty pozostáva z lisovania repky, filtrovania a následného delenia oleja (esterifikácia) na metylester (MERO - bionafta) a glycerol. Glycerol ako vedľajší produkt je vhodný pre chemický priemysel a výlisky sú cennou krmovinou zmesou. MERO je ekologicky čisté palivo a v porovnaní s naftou pri spaľovaní vykazuje 3 až 40-krát nižší obsah uhlíkov vo výfukových plynoch. Má zníženú dymivosť, plyny obsahujú menej tuhých častíc a iných nebezpečných látok. Použitie MERO si vyžaduje však malú úpravu motora, pričom sa zníži jeho výkon aj spotreba paliva asi o 5 %.

## ENERGETICKÁ BILANCIA

Z hľadiska možného širšieho využitia bionafty v doprave je veľmi dôležitá aj otázka energetickej bilancie pri jej výrobe. Tá vyjadruje pomer množstva vlozenej energie na siatie, žatvu, dopravu a spracovanie surovín a získanej energie. Údaje o energetickej bilancii bionafty získanej z 1 ha sa veľmi líšia. Podľa nemeckého skúšobného ústavu TÜV je uvedený pomer pre MERO len 1:1,4 (jeden liter vloženého paliva prinesie zisk 1,4 litra MERO). Ak sa však do bilancie započíta aj energetické zhodnotenie odpadov z výroby bionafty, potom je tento pomer podstatne lepší - až 1:4. Zvyšky z výroby oleja sa dajú totiž využiť na ďalšiu výrobu energie a to tak tepla ako aj elektriny. Energetický obsah zvyškov je relatívne vysoký (slama - 43 GJ/ha, výlisky 31 GJ/ha). Energetická bilancia výroby bionafty je nasledovná:

	GJ/ha
Pestovanie a doprava	17,5
Energia na výrobu rastl. oleja	5,4
Energia na výrobu MERO	7,6
<b>VSTUPY SPOLU</b>	<b>30,5</b>
MERO	44,9
Výlisky	31
Glycerol	1,9
<b>ZISK SPOLU</b>	<b>77,8</b>

Aj keď sa údaje rôznych autorov často veľmi líšia, je celková energetická bilancia pri výrobe bionafty a jej metylesteru pozitívna. Ukazuje sa, že pomer získanej energie vo forme MERO a energie vlozenej na jeho produkciu z repkového semena je podstatne vyšší ako pre bioalkoholy. V nasledujúcej tabuľke je uvedené porovnanie repkového oleja a etanolu z hľadiska energetickej bilancie:

Palivo	Výt'azok z hektára (ton/ha)	Energetická bilancia Výstup/vstup
Repkový olej	2,7	2,8

Etanol z	60	1,3
cukrovej repy	7,7	1,3
kukurice	4,4	1,1
obilia		

Napriek tomu, že energetická bilancia MERA je pozitívna, existuje mnoho odborníkov, ktorí sa domnievajú, že toto palivo je vhodné ako náhrada za naftu len v lokálnych podmienkach pre poľnohospodárov. Jeho doprava na dlhšie vzdialenosti by znamenala, že energetický zisk z výroby by sa úplne stratil.

Hoci výrobná cena MERO je vyššia ako výrobná cena nafty, podľa údajov z Nemecka bývajú náklady na esterifikáciu pokryté ziskom z predaja glycerínu, ktorý pri výrobe vzniká ako vedľajší produkt. Na Slovensku sa v roku 1995 priemerná cena za tonu semena repky olejnej pohybovala okolo 7500 Sk. MERO sa predávalo za 19,20 až 19,50 Sk/liter, pričom Ministerstvo pôdohospodárstva poskytovalo výrobcam dotáciu vo výške 20% výrobných nákladov. Tieto však nesmeli prekročiť sumu 25,30 Sk/kg. Ďalšou podmienkou bolo využívanie výrobných kapacít aspoň na 50 %. Ukazuje sa, že pre udržanie výrobných nákladov, ktoré sú pre MERO 3 až 5-krát vyššie ako pre naftu, je potrebné udržiavať technologické zariadenie v bezporuchovom stave a zabezpečiť nepretržitú prevádzku a pokiaľ možno, čo najvyššiu kapacitu výroby.

MERO ako palivo (aj ako zmesné palivo) má dobré ekologické vlastnosti a pri jeho spaľovaní sa produkuje nižšie množstvo emisií ako v prípade nafty. Vo výfukových plynách sa pozoruje významný pokles obsahu polyaromatických uhlíkovodíkov a tuhých častíc. Z hľadiska tvorby emisií prinieslo použitie Bionafty MDT (zmes 30% MERO a 70% nafty) na Slovensku nasledujúce skúsenosti:

	<b>Zníženie emisií v porovnaní s naftou</b>
Uhlíkovodíky	- 75 %
Aerosoly	- 37 %
SO <sub>2</sub>	- 40 %
CO	- 20 %

V emisiách N<sub>2</sub>O existujú len malé rozdiely medzi MERO a naftou. Tieto emisie sú pre MERO o pár percent vyššie v dôsledku vyššej teploty spaľovania. Vysoký obsah kyslíka v bionafte má však pozitívny vplyv na oxidáciu, a tým znižovanie úrovne smogu v mestách. Navyše použitie tzv. oxidačného katalyzátora ďalej znižuje emisie aromatických uhlíkovodíkov, CO a tuhých častíc. Podľa nemeckej technickej skúšobne TÜV Bayern dosahuje v takomto prípade zníženie emisií CO až 95%, uhlíkovodíkov 85% a tuhých častíc až 50%.

Medzi hlavné výhody bionafty patrí jej pozitívna energetická bilancia, ktorá je lepšia ako v prípade alkoholových palív. Bionafta však neposkytuje taký zisk energie na jednotku osiatej plochy ako etanol. Výhodou bionafty je, že má približne rovnaké cetánové číslo ako nafta, čo

znamená, že je ju možné priamo použiť v naftovom motore bez prísad. Rastlinný olej navyše neobsahuje takmer žiadnu síru a nespôsobuje emisie oxidu siričitého. Bionafta má porovnateľný energetický obsah ako nafta, a preto postačuje rovnako veľká nádrž ako pri bežnom vozidle. Výkon motora s týmto palivom je rovnaký ako pri nafte. Vzhľadom na svoje chemické vlastnosti (bod varu, vzplanutia) je transport a skladovanie bionafty bezpečnejšie ako pri obyčajnej nafte. Keďže bionafta nie je horľavinou, nevzťahujú sa na ňu príslušné prepravné predpisy. Teplota na zapálenie bionafty je približne 150 st. Celzia, čo je oveľa výhodnejšie pri skladovaní ako pre klasické palivá. Vo Francúzku je MERO z hľadiska svojich vlastností dokonca zaradený medzi potraviny.

Výhodou rastlinných olejov tiež je, že rýchlo (v priebehu asi 3 týždňov) degradujú v pôde a nespôsobujú jej znečistenie. Hlavné výhody používania bionafty je možné zhrnúť nasledovne :

- kladná energetická bilancia,
- nízke emisie škodlivín a znižovanie emisií CO<sub>2</sub>,
- hospodárne a ekologické využitie pôdy vyňatej z produkcie potravinárskych plodín,
- bezpečnosť pri zaobchádzaní (je tak bezpečná ako potravinársky olej).

Nevýhodou čistých rastlinných olejov je, že majú vysokú viskozitu (až 40-krát vyššiu ako nafta) a počas ich skladovania dochádza k znižovaniu kvality paliva. Pri spaľovaní zanášajú motor, sú agresívne voči plastom i lakom a spôsobujú vyššie emisie tuhých častíc a N<sub>2</sub>O. Problém tuhých častíc je možné odstrániť tzv. esterifikáciou rastlinného oleja (výroba MERO).

Inou nevýhodou rastlinných olejov je, že na to, aby nahradili väčšiu časť klasických palív by boli potrebné veľké plochy poľnohospodárskej pôdy. V situácii, keď mnoho ľudí vo svete hladuje, by takáto filozofia pravdepodobne nebola správna. V tejto súvislosti vystupuje do popredia aj nebezpečenstvo pestovania monokultúr. Z hľadiska potenciálnej kapacity výroby teda nie je možné očakávať veľmi široké uplatnenie bionafty. Udáva sa, že v súčasných podmienkach by výrobná kapacita mohla pokryť asi 5 % spotreby nafty vo vyspelých krajinách.

## POUŽITIE BIONAFTY

Čistý rastlinný olej sa v súčasnosti v doprave používa len minimálne a to len v špeciálnych motoroch známych ako Elsbett motor. Vo väčšine krajín dnes prevláda používanie esterifikovaného oleja MERO hlavne ako prísady do klasickej nafty. Bežné je zastúpenie až do 30% MERO v nafte. V USA sa presadzuje palivo s 20% zastúpením, vo Francúzsku sa predáva zmes 5% MERO a zvyšok nafta. Na Slovensku bola úspešne testovaná tzv. Bionafta MDT (zmes 30% MERO a 70% nafta). Ukazuje sa, že vyššie zastúpenie MERO v nafte ako 30% vedie k problémom s oxidačnou stabilitou, tvorbou živíc a usadenín v motore, a preto sa vo svete takáto zmes nepoužíva. Požitie čistého MERO v naftových motoroch si tiež vyžaduje isté úpravy vozidla. Výhodou zmesného paliva je aj lepšie štartovanie motora ako na čisté MERO. Prítomnosť 10% MERO v nafte navyše prináša až 30% zníženie opotrebovania motora. MERO tu vystupuje ako mastiaca prísada s plnohodnotnými vlastnosťami paliva.

Bionafta sa okrem klasických naftových vozidiel (prispôbienených pre takéto palivo) využíva hlavne v poľnohospodárskych a lesníckych dopravných prostriedkoch (traktory). S jej použitím je možné sa stretnúť aj v niektorých lodiach a člnoch, čo súvisí s tým, že bionafta

neznečisťuje vodu. V Nemecku okrem poľnohospodárov bionaftu (čisté MERO) bežne využívajú aj vozidlá taxi služby. Zvyčajne sú tieto vozidlá upravené tak, že umožňujú jazdu na bionaftu aj na naftu. Mníchovská taxikárska spoločnosť prešla na bionaftu, ktorá je cenovo porovnateľná s obyčajnou naftou, na jar roku 1996. Z jej skúseností vyplýva, že vozidlá na bionaftu sa vyznačujú rovnakou spotrebou paliva ako vozidlá na naftu a nepozorujú sa ani rozdiely vo výkone motora. Výhodou sú však nižšie emisie škodlivín, pre ktoré je používanie bionafty podporované aj v mnohých iných krajinách EÚ. V Nemecku bolo v roku 1998 v prevádzke asi 400 čerpacích staníc s bionaftou (MERO), pričom ich počet stále narastá. Na skladovanie bionafty sa nevzťahujú žiadne osobitné predpisy, čo v praxi vedie k jednoduchému prispôsobeniu klasických naftových nádrží na bionaftu. Uvedenú výhodu využívajú prevádzkovatelia taxi služieb, ktorí si bežne v Nemecku budujú vlastné skladovacie nádrže na bionaftu.

Napriek tomu, že každé vozidlo na naftu môže v princípe jazdiť aj na čistú bionaftu, nie je toto palivo vhodné pre každé sériovo vyrábané vozidlo. Na zabezpečenie bezporuchovej prevádzky je potrebné povolenie výrobcu, ktorý takúto prevádzku zvyčajne garantuje pri použití paliva splňujúceho isté kritériá. V Nemecku sú tieto kritériá zachytené v norme DIN 51606.

## BIONAFTA NA SLOVENSKU

V roku 1991 sa v bývalej ČSFR začalo s tzv. oleoprogramom, ktorý postupne viedol k vybudovaniu 7 výrobní MERO na Slovensku. Východiskovou surovinou je semeno repky olejnej. Na Slovensku sa MERO uplatňovalo predovšetkým v poľnohospodárstve a to hlavne vďaka podpore tohto programu zo strany štátu. V minulosti patrila výroba MERO medzi priority v oblasti ekologického poľnohospodárstva. V súčasnosti sa však aj tu prejavuje nedostatok finančných prostriedkov a výrobné bionafty majú značné problémy so svojim odbytom.

Niekoľkoročné skúsenosti s výrobou MERO ukazujú, že z 1 hektára osiateho repkou olejnatou, s priemerným výnosom 3 tony semena na hektár, je možné získať asi 1 tonu MERO alebo 3,33 tony BIONAFTY MDT. Okrem toho pri lisovaní semien vznikajú asi 2 tony kvalitných krmovínových výliskov. Z hľadiska možného potenciálu výroby bionafty u nás by do úvahy prichádzalo využívanie hlavne menej kvalitných a kontaminovaných pôd, ktoré sú nevhodné na pestovanie potravinárskych plodín. Odhaduje sa, že v SR sa nachádza približne 425 tisíc hektárov kontaminovaných pôd, ktorých využívanie na výrobu MERO by prinieslo zisk v podobe náhrady 425 tisíc ton nafty ročne, čo je takmer 50% spotreby nafty u nás.

Do roku 1997 bolo na Slovensku vybudovaných 7 výrobní MERO s celkovou kapacitou 5500 ton MERO ročne. Ich charakteristiky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

VÝROBŇA	Ročná kapacita výroby
AGRIFOP Stakčín	500 ton
EKOIL Bratislava (výrobňa v Zohore)	500 ton
PD Horné Obdokovce	500 ton
PD Kendice	500 ton



PD Šalgovce	500 ton
BIO BHMG Spišský Hrušov	1.500 ton
AGRO DIESEL Revúca	1.500 ton

Výrobňa v Spišskom Hrušove dodávala bionaftu aj pre potreby mestskej hromadnej dopravy. V Spišskej Novej Vsi takto od roku 1994 používalo bionaftu MDT pokusne 6 autobusov mestskej hromadnej dopravy. V priemere tieto vozidlá vykazovali o 10,2% vyššiu spotrebu paliva (2,6% až 43,6% podľa typu a veku vozidla) v porovnaní s klasickou naftou. Prestavba jedného vozidla na bionaftu je relatívne lacná a vychádza na cca 6000 Sk. Spišskú bionaftu okrem toho odoberalo aj niekoľko poľnohospodárskych družstiev v blízkom okolí. Výhodou malých výrobní bionafty je ich samozásobiteľský charakter, kedy producent repky olejnej dodávajúci semeno do výroby, získava späť biopalivo pre svoju činnosť a tiež výlisky na kŕmenie poľnohospodársky zvierat. Výhodou malých výrobní sú aj nižšie investičné náklady na výstavbu, čo má hlavne v našich podmienkach rozhodujúci význam. V prípade veľkých výrobní bývajú výhodou nižšie merné investičné náklady na výrobu jedného litra MERO, väčšia možnosť stabilizovať kvalitu produkcie a zvýšená bezpečnosť práce s metanolom.

## ELSBETT MOTOR

Príkladom úplne nového riešenia naftového motora upraveného na spaľovanie čistého rastlinného oleja (bez nutnosti jeho esterifikácie) je tzv. Elsbett motor. Tento motor bol vyvinutý nemeckým inžinierom Ludwigom Elsbettom, ktorý v roku 1964 založil v Hilpoltsteine (neďaleko Norimbergu) ústav pre vývoj motorov - Ellsbett Konstruktion. Elsbett vyvinul motor pre viacero rôznych aplikácií. V súčasnosti jazdí v Bavorsku niekoľko sto automobilov s takýmto typom motora. Spaľujú čistý rastlinný olej vyrábaný na farmách a dodávaný do špeciálnych čerpacích staníc, kde sa predáva za 0,80 DM za liter. V ústave v Hilpoltsteine sa tiež predstavujú automobily na tento typ motora. Elsbett motor je charakteristický tým, že spaľovanie čistého rastlinného oleja nezanáša valce motora nedostatočne spáleným uhlíkovodíkmi. Motor má tri valce s celkovým objemom 1500 cm<sup>3</sup> a je vybavený špeciálnym vstrekovaním paliva kombinovaným s okrúhlou spaľovacou komorou umiestnenou vo valci motora. Takáto konštrukcia umožňuje spaľovanie paliva pri vysokej teplote v centre obklopenom vrstvou studeného vzduchu. Pri tomto procese dochádza k nižším tepelným stratám na stenách valca a glycerín (zložka oleja) je spaľovaný bez toho, aby vznikali usadeniny na stenách. Valec je vytvorený z dvoch častí. Horná časť pozostáva zo spaľovacej komory a má malý povrch v porovnaní so stenami valca. Táto časť vyrobená z teplovzdornej liatiny drží tiež hlavu valca. Dolná časť valca je vyrobená z hliníka, pričom celková hmotnosť valca je nižšia ako normálny valec vyrobený z jednej časti. Elsbett motor sa tiež vyznačuje vyššou účinnosťou. Bežný automobilový motor má účinnosť nižšiu ako 30% (podľa niektorých údajov je táto účinnosť podstatne nižšia a dosahuje len 15%), kým Elsbett motor dosahuje účinnosť až 40%. V benzínovom motore je 28% tepla zo spaľovacieho procesu vo valci odvedených chladičom. V naftových motoroch je to až 30%, kým v Elsbett motore je to len 14 až 16%. Toto sa dosahuje olejovým chladením, ktoré je jednoduchšie a spoľahlivejšie ako chladenie vodou. Zvyšok tepla asi (40%) odchádza do výfuku. Vyššia účinnosť Elsbett motora sa prejavuje aj v nižšej spotrebe a úspora paliva v motorových vozidlách dosahuje až 30%. Prebudovaný Volkswagen Passat s Elsbett motorom má napr. spotrebu 4 litre rastlinného oleja na 100 km. V nasledujúcej tabuľke je uvedené porovnanie účinnosti rôznych typov a jazdný dosah vozidiel s rôznym typom motora a paliva. Za základ

(100 km) bol vzatý dojazd auta s benzínovým motorom. Dojazd sa vzťahuje na rovnaký objem paliva.

<b>MOTOR</b>	<b>Palivo</b>	<b>Účinnosť</b>	<b>Dojazd v km</b>
Elsbett	rastlinný olej	40 %	160
Diesel	nafta	28 %	118
Diesel	MERO	28 %	106
Benzínový	metanol	31 %	100
Benzínový	etanol	30 %	76
Benzínový	benzín	27 %	58
Benzínový	vodík	23 %	22

Výhodou Elsbett motora je, že vysoké teploty umožňujú spaľovať nielen čistý rastlinný olej, ale aj rôzne iné oleje ako napr. rybí olej alebo už použitý rastlinný olej z varenia. Motor taktiež umožňuje jazdu na obyčajnú naftu. Takýto typ motora má význam aj pre rozvojové krajiny nachádzajúce sa v tropickom pásme s dostatkom olejnatých rastlín. Ročný zisk palmového oleja napr. dosahuje až 7000 kg z hektára (2-krát viac ako z repky) za rok, pričom veľa iných rastlín má výtťažok vyšší alebo porovnateľný s repkou olejnatou. Vo vyspelých krajinách by však používanie Elsbett motora mohlo tiež výrazne prispieť k zníženiu spotreby nafty a ozdraveniu životného prostredia. Podľa údajov z Dánska, kde sa Elsbett motor tiež testoval, by pri využití 200 tisíc hektárov pôdy na pestovanie repky bolo možné zásobiť rastlinným olejom asi 400 tisíc automobilov, ktoré by mohli ročne v priemere najazdiť 10 tisíc km. Uvedená rozloha v súčasnosti zodpovedá nadprodukcii poľnohospodárskych produktov v tejto krajine. Elsbett motor sa však nepresadil v širšom meradle hlavne pre vyššie náklady na jeho výrobu a nezáujem výrobcov automobilov.

## **PLYNNÉ BIOPALIVÁ**

### **Bioplyn**

Každá organická hmota po odumretí podlieha rozkladu, pri ktorom sa uvoľňuje bioplyn. Vzhľadom na to, že bioplyn neustále vzniká pri hnití, jeho využitie pre energetické účely predstavuje jeden z najekonomickejších spôsobov ekologického zneškodňovania odpadov. Bioplyn sa v súčasnosti účelovo získava hlavne zo skládok komunálneho a poľnohospodárskeho odpadu. Reakciu vzniku bioplynu je možné zapísať nasledovne :



Zloženie bioplynu závisí od vstupných surovín a podmienok jeho výroby, vo väčšine prípadov je však nasledovné:

<b>Metán (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>55-70%</b>
<b>Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>30-45%</b>

Sírovodík (H <sub>2</sub> S)	1-2%
Dusík (N <sub>2</sub> )	0-1%
Vodík (H <sub>2</sub> )	0-1%
Oxid uhoľnatý (CO)	Stopy
Kyslík (O <sub>2</sub> )	Stopy

obr.bioplyncina.jpg

Text:

Schéma malého zariadenia na výrobu bioplynu z Číny.

bioplynrez2.jpg

Text:

Prierez malým bioplynovým zariadením.

Bioplyn predstavuje hodnotné palivo a energia v ňom obsiahnutá je len asi o tretinu nižšia ako v zemnom plyne. Z tohto dôvodu je dnes cielene vyrábaný, v špeciálne vybudovaných zariadeniach, vo viacerých krajinách sveta (vrátane Slovenska). Vstupnú surovinu tvorí zväčša hnojovica alebo organické kaly, z ktorých sa bioplyn vyrába v digestoroch. Objem digestorov sa pohybuje od jedného metra kubického (domáci digestor) až do niekoľko tisíc m<sup>3</sup> (veľké farmy). Vstupná surovina v digestore vyhníva od 10 dní do niekoľko týždňov v závislosti na zložení a okolitej teplote. Hoci baktérie pri rozklade organickej látky samotné vytvárajú teplo, v našich klimatických podmienkach v zimnom období toto teplo nie je dostatočné, a preto je potrebné digestor ohrievať vonkajším zdrojom – zvyčajne spaľovaním časti vznikajúceho bioplynu. Teplota, pri ktorej vyhnívanie v digestore prebieha optimálne, by nemala klesnúť pod 35 st. Celzia. Bioplyn je z digestorov odčerpávaný, skladovaný a následne spaľovaný zvyčajne v plynovej turbíne.

obr. biogas.jpg

text:

Principiálna schéma výroby bioplynu.

obr. digestor.jpg

text:

Digestor z vnútra.

obr. digestorvonk2.jpg

Text:

Digestor z vonku.

Spaľovaním bioplynu je možné získať tak elektrinu ako aj teplo. Takáto výroba prebieha najčastejšie v tzv. kogeneračnej jednotke, pričom výroba elektriny predstavuje asi 30-40 % a tepla 40-50 % energie obsiahnutej v bioplyne. Zvyšok predstavuje tepelná energia potrebná na udržanie optimálnej prevádzkovej teploty. Uvedený proces je perspektívny hlavne pre poľnohospodárske družstvá, čističky odpadových vôd alebo skládky komunálneho odpadu, kde vzniká tzv. kalový plyn. Proces anerobického vyhnívania organických zvyškov prebieha v digestoroch bez prístupu vzduchu a okrem bioplynu tu vzniká aj tuhý odpad, ktorý je vhodným hnojivom pre poľnohospodárske účely.

Priemerné produkcie hnojovice resp. trusu a zisk bioplynu.

	<b>Výkaly (spolu)</b>	<b>Výkaly (sušina)</b>	<b>Zisk bioplynu</b>
	<b>kg/deň</b>	<b>kg/deň</b>	<b>m<sup>3</sup>/deň</b>
Krava (550 kg)	60	6	1,7
Ošípaná (170 kg)	14	1	0,3
Sliepka nosnica (2,2kg)	0,3	0,03	0,016

Produkcia bioplynu je závislá na mnohých parametroch a líši sa od zariadenia k zariadeniu. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené priemerné hodnoty (november 1995 až marec 1997) produkcie bioplynu i vyrobenej elektriny a tepla v Bátke, ktoré využíva hnojovicu od 13 tisíc kusov ošípaných a 220 tisíc kusov nosníc z hydínárskej farmy Kľačany pri Rimavskej Sobote.

<b>Vstup</b>	<b>Výstup</b>		
Hnojovica	Bioplyn	Elektrina	Teplo
ton/deň	m <sup>3</sup> /deň	kWh/deň	GJ/deň
149,3	2587,5	4485,9	29,1

Priemerný obsah metánu v bioplyne bol 63,5 % a fermentačná teplota 32,6 st. Celzia.

Vysoká koncentrácia zvierat v našich poľnohospodárskych podnikoch predstavuje značný kapitál z hľadiska potenciálnej výroby bioplynu. Na Slovensku je t.č. ustajnených približne jeden milión kusov dobytku, ktorý denne vyprodukuje 60 mil. ton hnoja. Hnoj vznikajúci pri živočíšnej výrobe často vyvoláva problémy spojené s ochranou spodných vôd a zaobchádzanie s ním vyvoláva dodatočné finančné náklady. Potenciálna výroba bioplynu takto predstavuje až 1,7 milión m<sup>3</sup> denne, čo pri jeho energetickom obsahu 22 MJ/m<sup>3</sup> znamená potenciálnu energiu 3,6 miliárd kWh za rok.

Hoci výroba bioplynu pre energetické účely je vo svete bežná, na Slovensku existuje len veľmi málo takýchto zariadení. Pár čističiek odpadových vôd a len jedno zariadenie využívajúce hnojovicu v poľnohospodárskom družstve Bátka nezodpovedajú našim možnostiam. Bioplyn vyrobený v Bátke sa využíva na kombinovanú výrobu elektriny a tepla. Bioplyn z čističiek odpadových vôd sa používa na prípravu teplej vody.

Schéma bioplynového zariadenia v Bátke.

## **Bioplyn**

**Nádrž 20.000 m<sup>3</sup>**

**Hnoj zo slepačej farmy + Nádrž 5.000m<sup>3</sup>**

**Potrubie s vyhnutou**

**hnojovicou 3.5km**

**Hnoj z ošipárne Digestor Digestor**

Hnoj

**Homogenizačná nádrž**

**Odsírenie**

**Zásobník bioplynu Kogenerácia 6 x 160 kW**

## **ENERGETICKÁ BILANCIA BIOPLYNU**

Bioplyn sa väčšinou vyrába z odpadu zo živočíšnej výroby (hnoj). V takomto prípade je energetická bilancia vysoko pozitívna, pretože predstavuje vlastne likvidáciu odpadu. Výroba bioplynu s pozitívnou energetickou bilanciou je však možná aj z rastlinných odpadov ako je siláž alebo niektoré druhy tráv. Pre silážnu trávu osobitne pestovanú pre tento účel vychádza nasledujúca energetická bilancia. Z jedného hektára je možné získať až 50 ton tejto suroviny, čo predstavuje asi 10 ton suchej hmoty alebo 170 GJ energie. Získaná energia je uvoľnená vo forme bioplynu, vznikajúceho tepla a hnojiva. Samotná energetická hodnota bioplynu získaná z jedného hektára je 62,3 GJ/ha a celá energetická bilancia je uvedená v nasledujúcej tabuľke:

	<b>GJ/ha</b>
Sadenie a žatva	6,1
Doprava	2,7
Hnojivo	16,5
Stroje a výrobné zariadenia	2,1
Anerobické vyhnívanie (ohrev)	2,4
<b>Spotreba spolu</b>	<b>29,8</b>
<b>Zisk (bioplyn)</b>	<b>62,3</b>
<b>Bilancia zisk/spotreba</b>	<b>2,1</b>

Ekonomika výroby bioplynu, ktorý má skutočne široké použitie, závisí na možnosti jeho využitia hlavne v poľnohospodárskych podnikoch, kde sa jeho výroba ukazuje ako

najvýhodnejšia. Z hľadiska použitia je najjednoduchšie spaľovanie bioplynu s následným získavaním tepla na vykurovanie alebo ohrev vody. V lete však vzniká problém s nadbytkom tepla, a preto je vhodné využiť bioplyn na iné účely. Do úvahy prichádza hlavne spaľovanie bioplynu v plynovom motore s následnou výrobou elektriny, ktorej využitie je všestranné. Inou možnosťou je vyrábať bioplyn, stláčať ho a použiť ho v motorových vozidlách napr. ako palivo v traktoroch.

Výroba energie z bioplynu má značné ekologické výhody. Tým, že toto palivo nahrádza fosílny zdroj, znižuje emisie skleníkových plynov a iných škodlivín do atmosféry. Navyše v poľnohospodárskych podnikoch znižuje zápach pri skladovaní hnojovice, tiež znižuje nároky na ochranu spodných vôd pred kontamináciou hnojovicou.

Na výrobu bioplynu sa viaže aj tvorba nových pracovných príležitostí. Z dánskych skúseností vyplýva, že na výrobu jednej TWh vznikne asi 560 nových miest, z ktorých 420 je spojených s výrobou a údržbou a 140 pripadá na výstavbu zariadení (2000 človeko-rokov na výstavbu zariadenia vyrábajúceho 1 TWh počas 14 rokov). Tieto údaje sú platné pre mechanizované systémy zväžania hnojovice do centralizovaného bioplynového zariadenia.

## **SKLÁDKOVÝ PLYN**

Veľká časť bežného domáceho odpadu končí na komunálnych skládkach odpadov. Keďže tieto odpady sa skladajú prevažne z organických látok a na skládkach sú vhodné podmienky pre hnitie, sú tieto miesta zdrojom bioplynu. Na rozdiel od procesu hnitia, ktorý prebieha v digestoroch, sú podmienky na skládkach odlišné. Nie je tu ani dostatočná teplota ani vlhkosť, čo celý proces hnitia spomaľuje a tvorba bioplynu prebieha po rokoch a nie po týždňoch. Výsledný produkt – skládkový plyn - je tiež zmesou metánu a oxidu uhličitého, podobne ako bioplyn. Zo skúseností vyplýva, že počas životnosti skládky vznikne asi 150-300 m<sup>3</sup> plynu z každej tony odpadu. Obsah metánu v skládkovom plyne predstavuje asi 50 až 60%, čo vedie k energetickej hodnote plynu na úrovni 5-6 GJ na tonu odpadu.

Technológia získavania plynu zo skládok po ich uzatvorení pozostáva z prekrytia skládky íľovou vrstvou alebo iným nepriepustným materiálom (čím sa vytvorí vhodné prostredie) a umiestnení sústavy zberných potrubí s otvormi do ktorých vniká plyn. Na niektorých novších skládkach sú potrubia umiestňované už pred zavážaním odpadov. Sieť potrubí môže mať dĺžku až niekoľko kilometrov. Skládkový plyn sa bežne využíva na výrobu elektriny a tepla. používané sú pri tom veľké spaľovacie motory. Na chod 500 kW motora je potrebná dodávka asi 10 GJ plynu za hodinu.

## **DREVOPLYN**

Pri výrobe drevoplynu dochádza k premene tuhých palív (najčastejšie dreva) na plynné s cieľom získať čo najvyšší obsah energie v plynnej forme. Celý proces prebieha v splyňovacom zariadení. Ku splyňovaniu organického materiálu dochádza tak, že vzduch prechádza cez predohriaty materiál, pričom v ňom prebieha chemická reakcia s následným vznikom drevoplynu a ako nespáliteľný zvyšok sa tvorí popol. Zloženie vznikajúceho dreveného plynu sa mení v závislosti na použitej biomase a obsahu vlhkosti v palive. Bežné zloženie drevoplynu je nasledujúce:

	<b>Zastúpenie</b>
--	-------------------

CO	20-30%
H <sub>2</sub>	10-25%
CH <sub>4</sub>	0-4 %
CO <sub>2</sub>	2-15%
N <sub>2</sub>	45-60%

Energetická bilancia vyjadrujúca pomer získanej a vlozenej energie je pre väčšinu biopalív pozitívna, čo platí aj pre drevoplyn. Drevoplyn je možné získať nielen z dreva, ale aj z viacerých iných vstupných surovín ako je napr. slama, škrupiny z orechov alebo obilie. Potenciál získania drevoplynu z dreva alebo zo slamy je veľký, čo je možné dokumentovať na nasledujúcom príklade. Pri pestovaní obilia je možné z jedného hektára získať asi 6400 kg slamy. Keďže slamu je možné považovať za odpad pri produkcii obilia, nie je potrebné uvažovať energiu vloženú na jej pestovanie. V bilancii vystupuje len jej doprava a spracovanie, ktoré predstavujú asi 20,1 GJ/ha. Zisk energie je asi 57,1 GJ/ha, z čoho vychádza pozitívna energetická bilancia v pomere približne 1:2,8 (vložená/získaná energia).

## PLYNNÉ BIOPALIVÁ V MOTOROVÝCH VOZIDLÁCH

Použitie plynných palív v motoroch s vnútorným spaľovaním nie je nové. Už v roku 1860 belgický inžinier J.E. Lenoir zostrojil dvojtaktný plynový motor. V roku 1876 ho nasledoval nemecký inžinier N. Otto (konštruktér benzínového motora), ktorý postavil štvortaktný motor na stlačený plyn. Podľa dostupných údajov prvý Ottov motor poháňaný bioplynom bol skonštruovaný v Indii v roku 1907. Počas 2. svetovej vojny bol v Európe veľmi rozšíreným plynným palivom drevoplyn. Drevoplyn používali tak osobné ako aj nákladné a vojenské vozidlá. Len vo Francúzsku sa v roku 1943 pohybovalo na cestách viac ako 60 tisíc vozidiel vybavených zariadením na splyňovanie drevného uhlia. Vo Švédsku počet týchto vozidiel dosiahol 75 tisíc. Mnoho vozidiel na drevoplyn sa však pohybovalo aj na našich cestách a starší ľudia si na ne ešte dobre pamätajú.

Obidve palivá - tak drevoplyn ako aj bioplyn - je možné použiť v benzínových a naftových motoroch. Je však potrebné v nich urobiť isté úpravy, hlavne zmeniť kompresný pomer na asi 13:1. Úprava naftového motora je o niečo zložitejšia, avšak tým, že tento motor je odolnejší, často sa plynné palivá využívajú na pohon poľnohospodárskych vozidiel.

obr. biogasvolvo.jpg

Výhodou plynných palív je, že pri spaľovaní sa lepšie miešajú so vzduchom, a preto lepšie horia ako kvapalné palivá. Ďalšou výhodou týchto palív v porovnaní s benzínom a naftou je, že majú vyššie oktánové číslo. Vyššia kvalita plynných palív umožňuje použitie vyššieho kompresného pomeru - až do 10:1 v benzínových spaľovacích motoroch a 15:1 v naftových motoroch, čo má za následok vyšší výkon a účinnosť motora.

Z energetického hľadiska však plynné biopalivá nedosahujú úroveň napr. zemného plynu (35 MJ/m<sup>3</sup>). Energetický obsah drevoplynu je tiež podstatne nižší ako bioplynu a jeho minimálna hodnota predstavuje len asi 5,6 MJ/m<sup>3</sup> (bioplyn - 21,6 MJ/m<sup>3</sup>). Zloženie bioplynu a drevoplynu však nie je konštantné a mení sa v závislosti na podmienkach ich výroby

v digestore alebo splynovači. V drevoplyne je najdôležitejšou energetickou zložkou vodík. V bioplyne je to metán, ktorý má výhrevnosť 35,9 MJ/m<sup>3</sup> (10 kWh/m<sup>3</sup>).

Porovnanie vlastností niektorých palív je v nasledujúcej tabuľke:

	<b>Min. energ. hodnota (MJ/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Min. energ. hodnota (MJ/kg)</b>	<b>Oktánové číslo</b>	<b>Kritická teplota st. C</b>
Bioplyn	21,6	17,8	110	-36
Drevoplyn	5,57	5,05	100	-130
Metán	35,9	50,1	115	-82
LPG	93,5	46,3	112	90
Nafta	-	42,7	-	-
Benzín	-	43,7	80-98	296

Keďže metán má kritickú teplotu pre skvapalnenie mínus 82 st. Celzia, nedá sa jednoducho skvapalniť a používať v takejto forme. Vo svete však existujú príklady použitia stlačeného (pri tlaku 200-220 bar) alebo skvapalneného bioplynu v traktorech s objemom valcov 50 litrov. Skúsenosti ukazujú, že skvapalnenie bioplynu neprináša pre motorové vozidlá žiadne ekonomické výhody a jeho použitie sa v súčasnosti koncentruje len na stacionárne motory (výroba elektriny a tepla).

## POUŽITIE BIOPLYNU V SPALOVACÍCH MOTOROCH

V princípe je možné upraviť na bioplyn každý naftový motor. Ukazuje sa, že hoci motorové vozidlá by mohli používať bioplyn ako náhradu za klasické palivá, väčšina z nich nemá dostatočné priestory na skladovanie plynu, ktorý by im umožnil prijateľne dlhý dojazd. Z uvedeného dôvodu sa bioplyn v súčasnosti využíva hlavne v stacionárnych motoroch. Použitie bioplynu vo vozidlách má však niekoľko výhod oproti klasickým palivám.

Bioplyn má vyššie oktánové číslo ako benzín alebo nafta, čo vedie k vyššej účinnosti motora pri vyššom kompresnom pomere. Metán však pomaly horí, a preto je potrebné nastaviť predzápal tak, aby dochádzalo k jeho úplnému spáleniu v motore a aby neunikal do výfuku. Výfukové ventily sú tiež vystavené vyššej teplote a skôr sa opotrebovávajú. Inou nevýhodou bioplynu je, že obsahuje sírovodík v zastúpení približne 0,4%, ktorý má neprijemný zápach a navyše spôsobuje znehodnocovanie oleja a nutnosť jeho častejšej výmeny.

Naftové motory je možné upraviť na používanie bioplynu, tak že časť nafty sa spotrebuje na zapaľovanie zmesi (duálny systém palivovej zmesi). Pôvodný systém zapaľovania nafty si vyžaduje len minimálnu úpravu. Nastavenie predzápalu o 3 až 4 stupne býva dostatočné. V duálnych systémoch býva dostatočné zastúpenie nafty na úrovni 10 %. Pri nižších výkonoch však 10% nafty dodáva až 40% energie. Zo skúseností vyplýva, že vyššie zastúpenie bioplynu si vyžaduje chod motora na vyššom výkone. Spotreba bioplynu pri plnom výkone motora je uvedená v nasledujúcej tabuľke.



Výkon	Benzínový motor	Naftový motor
	Spotreba bioplynu v m <sup>3</sup> /h	
10 kW	6	4,5
20 kW	12	9
30 kW	18	13,5
50 kW	30	22,5
80 kW	48	36

Nevýhodou bioplynu vo vozidlách je nutnosť jeho skladovania pod vysokým tlakom. Tlak plynu je často 200 bar a viac. To si zvyčajne vyžaduje umiestnenie plynových fliaš po stranách traktora alebo na streche. Podľa dostupných údajov si premena traktora s naftovým pohonom na bioplyn alebo drevoplyn vyžaduje tiež malé úpravy zmiešavacej komory a karburátora tak, aby bol zabezpečený prívod palivovej zmesi, ktorý je podstatne nižší ako v prípade nafty. Najlepšiu účinnosť dosahujú takéto motory pri strednom výkone a vysokých otáčkach. Pri týchto podmienkach je účinnosť motora plne porovnateľná s naftovým motorom. Pri nízkych otáčkach nie sú teploty vo valcoch dostatočne vysoké na okamžité zapálenie bioplynu pri vstrekaní paliva a tepelná účinnosť je nižšia ako v naftovom motore. Pri normálnych podmienkach (vysoký a stredný výkon, teplota výfukových plynov 550 st. Celzia a pomer zmesi 1:1) relatívny výkon naftového motora bežiaceho na bioplyn alebo drevoplyn je asi 85-90% pôvodného výkonu.

Pri správne nastavených otáčkach motor na bioplyn produkuje menej emisií hlavne kysličníka uhoľnatého a kysličníkov dusíka ako motor na benzín alebo naftu. Vznikajúce uhľovodíky majú tiež nižšiu reaktivitu ako v prípade spaľovania klasických palív, a preto vedú k nižšej tvorbe smogu. Nevýhodou je prítomnosť sírovodíku v emisiách.

## POUŽITIE DREVOPLYNU V SPAĽOVACÍCH MOTOROCH

Drevoplyn v motoroch s vnútorným spaľovaním je možné využiť tak na pohon vozidiel ako aj na výrobu elektrickej energie (stacionárne motory). Motor automobilu si však vyžaduje isté úpravy, pretože chemické vlastnosti zmesi drevoplynu a vzduchu sa výrazne odlišujú od zmesi vzduchu a benzínu (resp. nafty). Dnes používaný kompresný pomer pre osobné vozidlá sa pohybuje na úrovni 9 - 10:1 pre benzín super. Priame použitie drevoplynu v takomto motore by znamenalo zníženie jeho výkonu o 30 až 40% . Existuje niekoľko možností obmedzenia týchto strát výkonu:

- trvalý chod motora na vyššie otáčky bez nutnosti jeho úpravy,
- preplňovanie alebo turbostrekovanie drevoplynu do motora s cieľom zvýšenia kompresného pomeru,
- systém dvojitého paliva.

Používanie neupraveného motora je technicky možné a je aj prítlačlivé z hľadiska finančných nákladov. Táto možnosť je výhodná hlavne v prípadoch, kedy chod motora prebieha väčšinou na polovičnom výkone a chod na plný výkon nie je dôležitou požiadavkou. Takýmito aplikáciami sú napríklad čerpadlá vody, určite však nie motorové vozidlá, ktoré často využívajú plný výkon motora. V tejto súvislosti je potrebné rozlišovať medzi účinnosťou

motora a jeho výkonom. Skutočná účinnosť benzínového motora je len mierne ovplyvnená spaľovaním drevoplynu. Pri využívaní drevoplynu sa preto vyberá veľkosť motora tak, aby bol zohľadnený pokles výkonu.

Väčšina z toho, čo platí pre benzínový motor, sa týka aj naftového motora. Rozdiel je však v tom, že naftový motor pracuje s vyšším kompresným pomerom (16-20:1), ktorý sa mení v závislosti na type motora (priame vstrekovanie, preplňovanie). Naftový motor nemôže byť používaný na drevoplyn bez toho, aby do neho nebolo vstrekané aj malé množstvo nafty. Táto požiadavka súvisí s tým, že drevoplyn sa ťažko zapaluje pri bežnom tlaku. Naftový motor preto musí byť tzv. duálny resp. prebudovaný na zapalovanie zmesi sviečkami. Vstrekovacie čerpadlo paliva musí byť tiež upravené. V praxi však nie je možné upraviť všetky naftové motory. Súvisí to s tvarom ich komory a kompresným pomerom.

Vo všeobecnosti je možné povedať, že aj keď je bioplyn a drevoplyn možné využiť ako palivo, v motorových vozidlách táto možnosť sa nevyužíva. Hlavným dôvodom je, že bioplyn, keď sa už vyrobí, je možné lepšie zhodnotiť pri výrobe elektrickej energie a tepla.

[Obnoviteľne zdroje energie](#) - navrat na publikáciu