

# HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI VYUŽITÍ

Ing. Zdeněk Abrham, CSc., Ing. Oldřich Mužik, Ph.D., Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha

**Jedním z významných obnovitelných zdrojů energie v České republice je záměrně pěstovaná i zbytková a odpadní biomasa ze zemědělské výroby. Pro hodnocení ekonomiky produkce je důležité vědět, nakolik je výhodná také z energetického hlediska, tedy z poměru energie vložené a získané.**

Hlavní výhodou energetické biomasy v porovnání s ostatními obnovitelnými zdroji energie je snadná akumulace a regulovatelnost výkonu podle potřeby. Nabízí se otázka, nakolik je biomasa výhodná i z energetického hlediska – tedy z poměru energie vložené a získané. To bylo cílem našeho výzkumu. V hodnocení jsme se zaměřili na produkci pevných tvarovaných biopaliv (pelet, briket), bioplynu a kapalných biopaliv (MEŘO, bioetanol).

U vybraných druhů cíleně pěstované biomasy byly stanoveny výrobní náklady na měrnou jednotku paliva a energetická efektivnost těchto paliv – tedy poměr získané energie (obsažené v palivu) k vložené energii, tj. energii spotřebované při výrobě paliva.

## Energie spotřebovaná

Do spotřebované energie je zahrnuta jen přímo spotřebovaná energie na jednotlivé části technologického procesu (tj. není uvažována energie „minulá“, spotřebovaná např. na materiálové vstupy – hnojiva, osiva, chemické ochranné prostředky atd., na výrobu mechanizačních prostředků, na pracovní sílu apod.). Spotřebovaná energie se dělí na tři hlavní části – energie na pěstování a sklizeň, energie na skladování a manipulaci a energie na výrobu biopaliv:

### – Energie na pěstování a sklizeň:

Zahrnuje spotřebu energie na všechny pracovní operace od přípravy půdy, přes založení porostu, jeho ošetřování během vegetace až po sklizeň a odvoz produktu z pole do střediska zemědělského podniku. Technologie, spotřeba energie a ekonomika pěstování a sklizně produkce se zpracovává s využitím modelovacího databázového programu. Program je pro uživatele ze zemědělské praxe volně k dispozici na webové stránce [www.vuzt.cz](http://www.vuzt.cz).

### – Energie na skladování a manipulaci:

Zahrnuje spotřebu energie na soubor operací související s posklizňovým zpracováním, uložením, skladováním a vyskladňováním produkce. Energie na dopravu vstupních surovin z místa uskladnění do místa zpracování je výrazně ovlivněna kapacitou zpracovatelské linky. Se zvyšující se kapacitou narůstají dopravní vzdálenosti, a tedy energie spotřebovaná na dopravu a klesá energetická efektivnost biopaliva.

### – Energie na výrobu biopaliv:

Zahrnuje spotřebu energie na transformaci biomasy na konkrétní druh biopaliva. Údaje jsou získány z podkladů firem zabývajících se výrobou těchto paliv a rovněž jsou zahrnuty výsledky vlastních měření při výrobě biopaliv v rámci výzkumných projektů.

## Energie získaná

Výpočet energie obsažené v palivu se liší u jednotlivých druhů biopaliv. Pro pevná tvarovaná biopaliva je stanovena na základě průměrného výnosu (uvažuje se výnos suché hmoty o sušiny 85 %) a výhřevnosti biomasy. Výhřevnost jednotlivých druhů biomasy je stanovena na základě dostupných informačních zdrojů a korigována podle výsledků vlastních měření. U vybraných plodin se pohybuje od 14,4 do 15,8 GJ/t.



**Využití biomasy je energeticky efektivní především v případech, když se využívá v místě svého vzniku**  
Foto archiv/redakce

U bioplynu je výpočet získané energie opět závislý na průměrném výnosu sledovaných plodin a měrné produkci bioplynu z nich. Obsah sušiny je u kukuřice počítán 30 % a u čiroku 25 %. Údaje o měrné produkci bioplynu byly získány na základě vlastních laboratorních pokusů a z dostupných zdrojů v odborné literatuře. Obsah metanu v bioplynu je pro výpočty stanoven na 55 %. Velikost bioplynové stanice odpovídá instalovanému elektrickému výkonu kogenerační jednotky 500 kW<sub>el</sub>. Energie obsažená v kapalných biopalivech je rovněž kalkulována s ohledem na hektarové výnosy, bilanci měrné spotřeby sledovaných plodin na jednotku vyrobených biopaliv a jejich energetickou hodnotu. U kapalných biopaliv je do celkového obsahu energie zahrnuta i energie obsažená v pšeničné, resp. řepné slámě.

Bilance vychází z dlouhodobých výsledků řešení výzkumných projektů a záměrů VÚZT, v. v. i., a je v souladu s platnými technickými normami a normativy pro kapalná i tuhá biopaliva, především s ohledem na hustoty biopaliv a výhřevnosti biopaliv a vedlejších produktů konverze.

## Výsledky a diskuse

Ekonomika výroby a energetická efektivnost biopaliv byly spočítány pro devět vybraných druhů biomasy. Pro výrobu pevných tvarovaných biopaliv bylo posouzeno pět druhů energetických plodin, pro produkci bioplynu dva a pro produkci kapalných biopaliv rovněž dvě plodiny. Výsledky jsou souhrnně uvedeny v tabulce.

Z údajů v tabulce vyplývá, že nejvyšší energetickou efektivnost vykazují podle očekávání pevná tvarovaná biopaliva. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u ozdobnice čínské díky vysokému výnosu suché hmoty z hektaru a nižším energetickým nárokům plodiny na pěstování a sklizeň. Velmi dobrých výsledků však bylo dosaženo u všech posuzovaných plodin. Horší výsledky byly získány u ušlechtlejších plyných a kapalných biopaliv. Obě sledované plodiny pro produkci bioplynu – čirok i kukuřice – dosáhly téměř stejných hodnot. Nepatrně lepšího výsledku bylo dosaženo u čiroku, u kterého však vychází horší ekonomika v porovnání s kukuřicí. Velké rozdíly pak vykazuje bionafta (MEŘO) a bioetanol, a to zejména kvůli řádově vyšším energetickým vstupům na výrobu biopaliva. MEŘO tak dosahuje výsledku srovnatelného s energeticky méně efektivními pevnými biopalivy, kdežto bioetanol dosáhl vůbec nejhoršího výsledku.

Ekonomické ukazatele i energetickou efektivnost biopaliv může výrazně ovlivnit kapacita zpracovatelské linky. Vyšší zpracovatelská kapacita producenta biopaliv může být prospěšná pro ekonomiku podniku, ale energetická efektivnost biopaliv se snižuje. Se zvyšující se kapacitou narůstají totiž dopravní vzdálenosti, a tedy energie spotřebovaná na dopravu vstupních surovin. V této studii není energie na dopravu vstupních surovin zahrnuta, protože je právě závislá na kapacitě zpracovatele. Např. u bioplynových stanic se odhaduje, že energetická efektivnost BPS s kapacitou 100 kW<sub>el</sub> je o třetinu vyšší než u BPS o instalova-





# ENERGETICKÉ BIOMASY

## Ekonomika a energetická efektivnost vybraných energetických plodin

Pozn.	Operace		Plodiny pro tuhá biopaliva					Plodiny pro bioplyn		Plodiny pro kapalná biopaliva	
			Šťovík krmný	Konopí seté	Miscanthus	Chrstice rákosovitá	Triticale energetické	Čirok na siláž	Kukuřice na siláž	Pšenice ozimá	Řepka ozimá
1)	Náklady variabilní	Kč/ha	8 054	24 412	22 595	5 582	17 709	16 117	25 622	17 383	23 887
2)	Náklady fixní	Kč/ha	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
3)	Výnos – hlavního produktu	t/ha	9,0	12,0	12,0	9,0	11,5	45,0	40,0	6,0	3,1
4)	Výnos – vedlejšího produktu	t/ha	–	–	–	–	–	–	–	5,0	6,0
5)	Cena (CZV)	Kč/t	1 284	2 326	2 175	1 009	1 844	436	728	–	–
6)	Vstupy energie – stroje (pěstování + sklizeň)	l/ha	33,7	80,2	25,1	26,1	78,5	52,4	86,8	79,8	86,5
7)	Vstupy energie – stroje (pěstování + sklizeň)	MJ/ha	1 189	2 829	886	921	2 769	1 849	3 062	2 815	3 052
8)	Vstupy energie – skladování + manipulace	MJ/ha	90	120	120	90	231	1 426,5	1 268	432	293
9)	Vstupy energie – zpracování	MJ/ha	3 150	4 200	4 200	3 150	4 025	20 473	23 216	22 000	2 300
10)	Vstupy energie celkem	MJ/ha	4 429	7 149	5 206	4 161	7 025	23 748	27 546	25 247	5 645
11)	<b>Produkce biopaliv</b>		<b>Brikety/pelety</b>					<b>Bioplyn 55% CH<sub>4</sub></b>		<b>Bioetanol</b>	<b>MEŘO</b>
12)	Měrná jedn. energetického produktu (biopaliva)	mjbp	t					m <sup>3</sup>		l	
13)	Celkový obsah energie – hlavní výrobek	GJ/ha	134,4	175,8	183,9	125,7	176,7	121,5	137,8	48,4	43,1
14)	Celkový obsah energie – vedlejší výrobek	GJ/ha	–	–	–	–	–	–	–	72,0	87,0
15)	Celkový obsah energie	GJ/ha	134,4	175,8	183,9	125,7	176,7	121,5	137,8	120,4	130,1
16)	Množství energetického produktu (biopaliva)	mjbp/ha	8,7	11,6	11,6	8,7	11,2	6 157	6 982	2 362	1 257
17)	Náklad na zpracování	Kč/mjbp	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	3,1	3,1	7,0	4,9
18)	Cena paliva na trhu	Kč/mjbp	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	–	–	19,6	20,2
19)	Vstupy energie	MJ/mjbp	507,3	614,2	447,2	476,6	629,8	3,9	3,9	10,7	4,5
20)	Obsah energie na výstupu	MJ/mjbp	15 400	15 100	15 800	14 400	15 840	19,7	19,7	20,5	34,3
21)	Energetická efektivnost – získaná/vložená energie	poměr	30,4	24,6	35,3	30,2	25,2	5,1	5,0	4,8	23,1

### Poznámky k řádkům tabulky:

- 1) náklady variabilní – zahrnují náklady na materiálové vstupy (hnojiva, osiva a sadba, chemické ochranné prostředky ap.) a náklady na technické zajištění operací (provoz strojů, pohonné hmoty, obsluha strojů),
- 2) náklady fixní – zahrnují především náklady na půdu (nájemné, daně), výrobní a správní režii podniku, dluhovou službu, pojištění, odpis budov,
- 3), 4) výnos energetického produktu a výhřevnost jsou pro řezanku a balíky uvažovány při standardním obsahu 85 % sušiny,
- 5) cena (CZV) – jedná se o nákladovou cenu na jednotku výnosu produktu
- 6), 7) energie paliva spotřebovaného na technologii pěstování plodiny od přípravy půdy až po sklizeň a odvoz produkce,
- 8) energie na skladování a manipulaci (převzato z provozních podkladů a výsledků výzkumných projektů – 10 MJ/t seno, sláma; 22 MJ/t obilí; siláže 31,7 MJ/t),
- 9) energie na transformaci biomasy na biopalivo (převzato z podkladů výrobců a výsledků výzkumných projektů),
- 13) množství vyrobeného biopaliva na 1 ha,
- 14), 15, 16) množství energie v biopalivu, stanovené na základě množství biopaliva a výhřevnosti (u tuhých biopaliv při 12% vlhkosti),
- 17) náklady na transformaci biomasy na biopaliva:
  - brikety/pelety – se u velkých linek pohybují okolo 950 až 1000 Kč na 1 tunu (u malých peletovacích nebo briketovacích linek vhodných pro doplňkovou výrobu na zemědělských farmách je třeba počítat spíše s vyššími náklady)
  - bioplyn – náklady jsou spočítány pomocí internetového expertního systému pro nejběžnější BPS o instalovaném elektrickém výkonu 500 kW (včetně nákladů na kogenerační jednotku, která sice neslouží k výrobě, ale k využití BP; nicméně v ČR jsou všechny zemědělské BPS vybaveny kogenerační jednotkou),
  - bioetanol, MEŘO (metylester mastných kyselin řepkového oleje) – náklady jsou v Kč/l (podle podkladů od výrobců),
- 18) cena paliva za měrnou jednotku biopaliva (bez DPH),
- 19) množství energie vložené (přepočteno na měrnou jednotku biopaliva – u kapalných biopaliv není uvedeno z důvodu, že vedlejší produkt je využíván pro výrobu tuhých biopaliv),
- 20) energetická hodnota měrné jednotky biopaliva,
- 21) energetická efektivnost – uvádí poměr mezi energií získanou a energií vloženou

ném elektrickém výkonu 2000 kW<sub>e</sub>, nicméně nejlepších ekonomických výsledků dosahují BPS s výkonem kolem 1000 kW<sub>e</sub>. Obdobné výsledky lze očekávat i u kapalných biopaliv, kde je třeba ještě počítat s energií na distribuci paliva ke konečným uživatelům.

### Doporučení na závěr

Výsledky zahrnují pouze efektivnost energie přímo vložené do technologického systému. Pro podrobnější sledování by bylo vhodné uvažovat i tzv. energii minulou (tj. vloženou do výroby hnojiv, chemických ochranných prostředků, strojů atd.) a energii spotřebovanou na dopravu u větších výrobců.

Je třeba se zabývat i ekonomikou využití obnovitelných zdrojů energie. Ukazuje se, že využití biomasy je energeticky efektivní právě v těch

případech, když se využívá tam v místě svého vzniku (nejlépe je, když producent i uživatel biomasy je jeden subjekt).

Energetické využívání biomasy by mělo být orientováno především na využití odpadní a zbytkové biomasy, energetický potenciál této biomasy je značný.

Také se ukazuje, že výhodné je využívání těch energetických plodin, které nevyžadují výraznější změny v technickém vybavení zemědělského podniku a umožňují v případě potřeby rychlý návrat pozemku do sféry potravinářské produkce.

*(Výsledky byly získány v rámci řešení výzkumného projektu č. TA 01020275 Vývoj nové technologie a strojního vybavení pro velkoformátové topné brikety ze zemědělské biomasy).*

