

# Ekonomie dopravy dřevní hmoty

## Wood mass transport economics

Doc. Ing. Karel TRNOBRANSKÝ, CSc. Článek přehlednou formou seznamuje čtenáře s výpočtem dostupnosti dřevní hmoty pro zdroj tepla a formou příkladu dává doporučení pro určení limitní vzdálenosti dovozu biomasy  
**Klíčová slova:** vytápění, biomasa, dostupnost paliva.

Recenzent  
 Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

The article informs the readers in a clearly arranged form about the calculation of wood mass accessibility for the heat source and gives the recommendation for the determination of the biomass transport limiting distance in the form of an example.

**Key words:** heating, biomass, accessibility of fuel

Při investičním záměru na energetické využití dřevní hmoty je nutno hned v prvopočátku provést bilanci dostupnosti tohoto paliva v okolí předpokládané instalace tepelného zdroje.

Energetické využití dřevní hmoty představuje zvýšené nároky na objemovou spotřebu paliva jak vyplývá z následujících údajů.

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]	Objemová náročnost [litrů/GJ]
hnědé uhlí	17,0	84,0
černé uhlí	26,0	54,94
polenové dřevo		
– buk	13,6	155,76
– smrk	14,5	218,8
drcená smrková kůra	10,2	459,8
dřevěné brikety	17,5	47,6.

Jak je z uvedených hodnot patrné, je objemová náročnost pro dřevní hmotu srovnatelná s uhlím pouze v případě dřevěných briket, které vykazují měrnou hmotnost  $\rho = 1\ 200\ \text{kg/m}^3$ .

Při bilančních výpočtech, navrhování skládek a objemové spotřeby paliva je nutno znát potřebné údaje. V praxi se používají následující označení viz tab. 1.

Tab. 1 Význam jednotlivých označení objemů

Objemové označení dřeva	Popis
1 plm	plnometr dřeva, 1 m <sup>3</sup> skutečné dřevní hmoty
1 prm	Prostorový metr dřeva, 1 m <sup>3</sup> složeného štípaného nebo neštípaného dřeva
1 prm <sub>s</sub>	Prostorový metr dřeva volně sypaného (nezhutněného) drobného nebo drceného dřeva

Vzájemné poměry uvedených označení jsou patrné z tab. 2.

Tab. 2 Vzájemné objemové přepočtové poměry

Dřevo	plm	Prm	prm <sub>s</sub>
1 plm	1	1,54	2,5 až 2,86
1 prm	0,65	1	1,61 až 1,86
1 prm <sub>s</sub>	0,35 až 0,4	0,54 až 0,62	1

Vzhledem k tomu, že drobný dřevní odpad může mít rovněž různou formu, je možno v praxi použít hodnot z tab. 3 až 7.

Tab. 3 Smrk a jedle, hmotnost sušiny 430 kg/plm

Vlhkost [%]	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<b>1 plm</b>									
Měrná hmotnost [kg/plm]	470	485	512	548	590	640	698	768	853
Výhřevnost [kWh/plm]	2034	1957	1914	1888	1859	1828	1788	1741	1683
<b>1 prm</b>									
Měrná hmotnost [kg/prm]	306	315	333	356	384	416	454	499	554
Výhřevnost [kWh/prm]	1325	1271	1245	1227	1210	1188	1163	1131	1093
<b>1 prm<sub>s</sub></b>									
Měrná hmotnost [kg/prm <sub>s</sub> ]	165	170	180	192	207	224	244	269	299
Výhřevnost [kWh/prm <sub>s</sub> ]	714	686	673	662	652	640	625	610	590

Tab. 4 Smrková kůra drcená, faktor drcení 1 plm = 3 prm<sub>s</sub>

Vlhkost [%]	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Měrná hmotnost [kg/prm <sub>s</sub> ]	155	162	171	183	197	213	233	256	284
Výhřevnost [kWh/prm <sub>s</sub> ]	666	649	635	626	616	604	592	575	555
<b>1 prm<sub>s</sub></b>									

Tab. 5 Modřín, hmotnost sušiny 550 kg/plm

Vlhkost [%]	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<b>1 plm</b>									
Měrná hmotnost [kg/plm]	590	610	650	697	750	813	887	976	1084
Výhřevnost [kWh/plm]	2554	2461	2431	2402	2363	2322	2272	2212	2139
<b>1 prm</b>									
Měrná hmotnost [kg/prm]	384	397	423	453	488	528	577	634	705
Výhřevnost [kWh/prm]	1662	1602	1582	1561	1538	1508	1478	1437	1391
<b>1 prm<sub>s</sub></b>									
Měrná hmotnost [kg/prm <sub>s</sub> ]	207	214	228	244	263	285	310	342	379
Výhřevnost [kWh/prm <sub>s</sub> ]	896	863	853	841	829	814	794	775	748

Tab. 6 Borovice, hmotnost sušiny 510 kg/plm

Vlhkost [%]	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<b>1 plm</b>									
Měrná hmotnost [kg/plm]	550	565	595	638	686	744	811	893	991
tlparVýhřevnost [kWh/plm]	2781	2280	2225	2198	2161	2125	2078	2024	1957
<b>1 prm</b>									
Měrná hmotnost [kg/prm]	358	367	387	415	446	484	527	580	645
Výhřevnost [kWh/prm]	1550	1481	1447	1430	1405	1382	1350	1315	1272
<b>1 prm<sub>s</sub></b>									
Měrná hmotnost [kg/prm <sub>s</sub> ]	193	198	208	223	240	260	284	313	347
Výhřevnost [kWh/prm <sub>s</sub> ]	835	799	778	768	756	743	728	710	685

Tab. 7 Dub a buk, hmotnost sušiny 680 kg/plm

Vlhkost [%]	15	20	25	30	35	40	45	50	55
<b>1 plm</b>									
Měrná hmotnost [kg/plm]	714	726	765	820	883	953	1043	1148	1275
Výhřevnost [kWh/plm]	2897	2743	2677	2642	2599	2547	2488	2419	2332
<b>1 prm</b>									
Měrná hmotnost [kg/prm]	464	472	497	533	574	621	678	746	829
Výhřevnost [kWh/prm]	1882	1784	1739	1717	1689	1654	1618	1572	1516
<b>1 prm<sub>s</sub></b>									
Měrná hmotnost [kg/prm <sub>s</sub> ]	250	254	268	287	309	335	365	402	446
Výhřevnost [kWh/prm <sub>s</sub> ]	1014	960	938	925	909	892	871	847	816

Při nedostatku místních zdrojů biomasy je možno uvažovat i s využitím zemědělské půdy (nebo půdy nevyužitě) pro plantáže rychlerostoucích dřevin. Tyto dřeviny je pak možno použít jako palivo pro energetické účely. Náklady na založení plantáže představují částku cca 50 000 Kč/ha. První sklizeň však přichází v úvahu za 5 let od založení plantáže. Po této době je možno uvažovat u vrby a topolu s energetickým potenciálem ve vstupním palivu asi 180 GJ/ha . rok.

Při bilancování dřevní hmoty a slámy je možno orientačně vycházet z následujících hodnot.

Prořezávky lesa 7 plm/ha . rok  
 odpad z pil  
 – kůra 10 % ze zpracované dřevní hmoty v plm  
 – piliny 14 % ze zpracované dřevní hmoty v plm

sláma  
 – řepková 3 t<sub>sušiny</sub>/ha . rok  
 – obilní 4 t<sub>sušiny</sub>/ha . rok

rychlerostoucí dřeviny  
 – vrba , topol 10 t<sub>sušiny</sub>/ha . rok .

Pokud vyplyne z bilance roční spotřeby paliva, že v okolí tepelného zdroje není jeho dostatek je pak nutno přistoupit ke stanovení limitní dopravní vzdálenosti pro jeho svoz ke zdroji tepla.

Pro stanovení **limitní vzdálenosti** pro dovoz biomasy vycházíme z ceny paliv v roce 2002 (tab. 8) a nákladů na dopravu biomasy k centrálnímu tepelnému zdroji. V této části našeho článku chceme poskytnout orientační návod pro stanovení **limitní dopravní vzdálenosti** pro svoz biomasy k centrálnímu zdroji. Cena dopravy se může místně lišit a proto bude nutno vždy vycházet z místních cen biomasy a nákladů na dopravu v Kč/km.

Pro praktický příklad použijeme stanovení limitní dopravní vzdálenosti pro dovoz dřevní štěpky o následujících parametrech:

obsah vody (vlhkost)  $W = 45\%$       výhřevnost  $Q_n = 8,46$  MJ/kg

složení štěpky ze 70 % smrk a z 30 % dub nebo buk. Tomuto složení odpovídá měrná hmotnost štěpky  $r = 317$  kg/prm<sub>s</sub> (prostorový metr sypané hmoty).

Tab. 8 Cena tepla ve vstupním palivu v roce 2002 (to je bez uvažování tepelné účinnosti zdrojů tepla)

Palivo	Cena [Kč/t]	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena tepla v palivu [Kč/GJ]
Hnědé uhlí	1 490	17	87,65
Černé uhlí	2 260	25,8	87,60
Koks	4 540	27,02	168,15
Zemní plyn	Kč/m <sup>3</sup>		–
obyvatelstvo	6,60	34,0 MJ/m <sup>3</sup>	194,12
maloodběr	7,25		213,23
velkoodběr	7,19		211,47
Dřevní štěpka	300	8,5	35,29
Polenové dřevo	750	10,73	69,90

Pro náhradu ostatních druhů paliv je uvažováno s cenou paliv dle tab. 8 a pro zemní plyn s průměrnou cenou pro obyvatelstvo a maloodběry, to je 6,925 Kč/m<sup>3</sup>. Cena dřevní štěpky je uvažována v alternativách 300, 400 a 600 Kč/t.

Pro dovoz dřevní štěpky je uvažováno s vozidlem LIAZ o dopravním objemu štěpky 16 m<sup>3</sup>. Během jedné cesty tohoto vozidla se doveze palivo (dřevní štěpka) o hmotnosti:  $M_{\text{paliva}} = 5,072$  t, kterému odpovídá tepelná energie ve vstupním palivu  $Q_{\text{paliva}} = 42,605$  GJ.

Jeden dovoz paliva uvedeným vozidlem představuje rozdíl v ceně paliv (při ceně dřevní štěpky 300 Kč/t):

hnědé uhlí (87,65 Kč/GJ – 35,29 Kč/GJ) x 42,605 GJ = 2 230,798 Kč  
 černé uhlí (87,60–35,29) x 42,605 = 2 228,667 Kč  
 zemní plyn (203,67–35,29) x 42,605 = 7 173,829 Kč.

Pro stanovení limitní dopravní vzdálenosti vycházíme z předpokladu, že náhradou paliv nezískáme žádný finanční přínos vyplývající z rozdílnosti cen paliv v Kč/GJ. Tento cenový rozdíl bude celý využit pro náklady na dopravu biomasy k centrálnímu zdroji tepla.

Cena dopravy je uvažována 25 Kč/km. To znamená, že pro cestu tam a zpět bude cena dopravy 50 Kč/km. *Limitní dopravní vzdálenost je pak definována jako vzdálenost od centrálního zdroje tepla ke zdroji dřevní hmoty v km.*

Tato limitní vzdálenost je pro různé ceny dřevní štěpky uvedena v tab. 9.

Tab. 9 Limitní dopravní vzdálenost pro dovoz dřevní štěpky

Dřevní štěpka cena [Kč/t]	Náhrada		
	hnědé uhlí [km]	černého uhlí [km]	zemního plynu [km]
300,-	44,6	44,6	143,5
400,-	34,6	34,5	133,4
600,-	14,5	14,5	113,4

Například pro náhradu hnědého uhlí (při ceně dřevní štěpky 300 Kč/t) vychází limitní vzdálenost od centrální kotelny ke zdroji štěpky:

$$L_{\text{lim}} = \frac{2230,798}{50} = 44,6 \text{ km}$$

Stejným způsobem je možno stanovit tuto vzdálenost pro černé uhlí, zemní plyn a různou cenu dřevní štěpky.

Shodným způsobem byla stanovena limitní vzdálenost pro svoz balíkové obilní slámy k centrálnímu zdroji tepla.

Budeme-li opět uvažovat s vozidlem LIAZ je možno počítat s tím, že jedna doprava zahrnuje 15 balíků slámy o hmotnosti 200 kg/kus. To znamená, že při výhřevnosti obilní slámy  $Q_n = 14,0 \text{ MJ/kg}$  se bude jednat o:

$$M_{\text{paliva}} = 3000 \text{ kg a } Q_{\text{paliva}} = 42 \text{ GJ}$$

Cena slámy pro samozásobitele vychází cca (včetně DPH) 270 Kč/t, což představuje cenu tepla ve vstupním palivu 19,28 Kč/GJ.

V tab. 10 je uvedena limitní vzdálenost pro dovoz obilní slámy při jejich různých cenách při náhradě uvedených druhů paliv.

Tab. 10 Limitní vzdálenost pro dovoz obilní slámy při náhradě uvedených druhů paliv

Cena slámy [Kč/t]	Náhrada		
	hnědého uhlí [km]	černého uhlí [km]	zemního plynu [km]
270	57,4	57,4	154,9
600	37,6	37,6	135,0
900	19,6	19,6	117,1

Při stanovení limitní dopravní vzdálenosti pro svoz dřevní hmoty a slámy k centrálnímu zdroji se vycházelo z ceny tepla ve vstupním palivu (Kč/GJ). Pro konkrétní typy energetických zařízení (kotlů, skládky paliva a jeho dopravy do kotle), náročnosti na obsluhu zařízení a vlastní spotřebu el. energie pro provoz kotelny bude rozhodovat o limitní dopravní vzdálenosti cena tepla na výstupu z tepelného zdroje. Tato cena totiž zahrnuje investiční náklady (ve formě odpisů), náklady na vstupní palivo, obsluhu, režii atd.

Jak je z výčtu patrné závisí limitní dopravní vzdálenost na mnoha faktorech, které v předchozí části nebylo možno plně respektovat s ohledem na rozsah našeho příspěvku. V dalším navazujícím čísle časopisu bychom Vás proto rádi seznámili s dopadem nastíněné problematiky z pohledu vybraných konkrétních typů zařízení na dřevní hmotu (polenové dřevo, piliny, štěpku a slámu). ■

### \* Zkपालňování uhlí opět na scéně

S rostoucími cenami ropy se zvyšuje zájem o vývoj nových procesů zkपालňování uhlí na motorová paliva. Účinnost dosavadních procesů nízká protože používané katalyzátory mají tendenci se shlukovat a ztrácí tak účinný povrch. Hydrocarbon Technologies, dceřiná společnost americké firmy Headwater z Draperu ve státě Utah, vyrábí nanotechnologické platinové katalyzátory, jejichž povrch je dlouhodobě účinný a výsledkem je ekonomičtější výroba motorové nafty a benzínu z uhlí.

V srpnu 2002 oznámila Čína, že zakoupila licenci na technologický proces využívající gelové nanokatalyzátory pro výstavbu zkपालňovacího závodu za 2 mld. USD v provincii Nei Mongol, založeném na bohatých zásobách černého uhlí v severní Číně. Při současné ceně barelu ropy kolem 27 USD se očekává, že při splnění parametrů procesu bude výroba v Číně ekonomická. Při případném zvýšení ceny ropy o 4 až 8 USD za barel by mohla být výroba ekonomická i v USA a SRN při snížení závislosti na zdrojích z problémových teritorií zemí OPEC. Katalyzátory tohoto typu o velikosti částic kolem 10 nm by mohly umožnit i ekonomickou výrobu čistého vodíku pro palivové články PEM krakováním zemního plynu na uhlík a vodík novou technologií podle ústavu Tokyo Institute of Technology.

Time – 23. 9. 2002

(AB)

### \* Kontejnerová PEM elektrárna v provozu

S podporou spolkové země Severní Porýní-Vestfálsko a podle projektu Fraunhoferova ústavu pro životní prostředí, bezpečnost a energetiku (UMSICHT) v Oberhausenu byla zde 27. srpna 2002 uvedena do provozu první elektrárna s palivovými články PEM o elektrickém výkonu 212 kW. Elektrárna je poháněna zemním plynem ale počítá se i s jejím napojením na zdroje důlního plynu z nedalekých uzavřených dolů na černé uhlí.

Stacionární elektrárna má vždy ve dvojících kontejnerech vedle sebe umístěnu mikroturbínu o elektrickém výkonu 100 kW, dvojité kontejner s PEM elektrárnou a dvojité kontejner s plynovým motorem o výkonu 469 kW na výrobu tepla jako bloková teplárna. Zařízení slouží i k výrobě chladu, výkon však informace neuvádí. Součástí systému je i úprava zemního a důlního plynu a reformer jako zdroj vodíku pro PEM články. PEM elektrárna slouží i jako zdroj teplé vody o teplotě 75 °C pro vytápěné bloky. Proud nespotřebovaný

v elektrárně se prodává do veřejné sítě. Elektrárna je ovládána dálkově přenosem dat z ústavu UMSICHT.

V budoucnu se mají stavět podobné elektrárny jako ekologické opatření na místě vyuhlených ale i aktivních dolů pro spalování nebezpečného volně unikajícího a odsávaného důlního plynu. Využitím hodnotného důlního plynu se výroba energie v PEM elektrárnách podstatně zlevní.

Fraunhofer Magazin – 2002, č. 3.

(AB)

### \* Tenké nanopovlaky šetří energii

S použitím postupů nanotechnologie a napařování válcovými magnetrony povlakuje tabulové sklo pro architekturu zařízení Inline-Glass-Coater firmy Von Ardenne Anlagen-technik GmbH z Drážďan. Vrstva povlaku stříbra o tloušťce pouhých 10 nm odráží selektivní reflexi záření v infračervené oblasti bez vlivu na propustnost v oblasti viditelného spektra. Zařízení povlakuje tabulové sklo až do tzv. jumbo formátu 3,21 x 6 m bez ohledu na tloušťku.

Při použití na okenní dvojskla dochází ke snížení součinitele prostupu tepla U až na hodnotu 1,1 W.m<sup>-2</sup>K ze 3,0 W.m<sup>-2</sup>K u stejného nepovlakovaného dvojskla. Podle zdroje informace tak lze při použití v našich zeměpisných šířkách ušetřit až 23 l topného oleje na 1 m<sup>2</sup> okna za topnou sezónu. Úspora nejenže rychle amortizuje zvýšené náklady na dražší okna ale významně snižuje emise CO<sub>2</sub>, které představují asi 1,5 Nm<sup>3</sup>.l<sup>-1</sup> topného oleje.

Fraunhofer Magazin – 2002, č. 2.

(AB)

### \* Propanový palivový článek

Texaská Divize pro výzkum a propagaci alternativních paliv (AFRED) vyvinula na objednávku US ministerstva energetiky palivový článek poháněný propanem pro použití v domácnostech. Ministerstvo podporuje práce, rozvržené do tří let, částkou půl milionu US-dolarů. Výsledkem mají být dva reformery na kapalný plyn o výkonu 5 až 10 kW.

CCI 9/2002

(Ku)