

# Vlhkosti palivového dreva a efektívnosť výroby tepla

Drevný odpad z technologických procesov spracovania dreva je potenciálnou surovinou pre výrobu tepla, resp. energie. Palivové drevo v suchom stave patrí medzi palivá so stredne vysokou výhrevnosťou  $Q^d = 18,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , vysokým podielom prchavej horľaviny  $V^d = 85 \%$  a nízkym obsahom popola  $A^d = 0,5\text{--}1,5 \%$ .



Autor: prof. Ing. Ladislav Dzurenda, PhD.  
Drevárska fakulta TU vo Zvolene  
Kontakt: dzurenda@tuzvo.sk  
Grafy: autor

Negatívnou vlastnosťou palivového dreva z aspektu energetickej suroviny je jeho vlhkosť. Vlhkosť dreva vyradeného z technologického procesu a určeného pre energetické využitie je od  $W_a = 10\text{--}80 \%$ , čo po prepočte na relatívnu vlhkosť používanú v energetike je  $W^r = 9\text{--}45 \%$ . Vlhkosť palivového dreva negatívne vplyva nielen na základné energetické vlastnosti biomasy, ktorými sú: spalné teplo  $Q_s$  a výhrevnosť  $Q_n$ , ale i na samotný proces a podmienky horenia paliva v kúrenisku kotla: teplotu plameňa, objem vytvorených spalín, teplotu rosného bodu spalín, produkciu emisií, tepelnú účinnosť kotla a efektívnosť výroby tepla.

Pokles výhrevnosti palivového dreva, teploty plameňa horiaceho dreva a produkcie vlhkých spalín na vzraсте vlhkosti palivového dreva v rozpätí hodnôt  $W^r = 10\text{--}50 \%$  zobrazujú grafy 1–3.

Vplyv vlhkosti palivového dreva na energetickú efektívnosť výroby tepla vyjadrenú formou tepelných strát a tepelnú účinnosť kotla dokladuje tabuľka 1. Hodnoty štandardných tepelných strát kotla závislých aj na vlhkosti palivového dreva, akými sú: komínová strata, strata

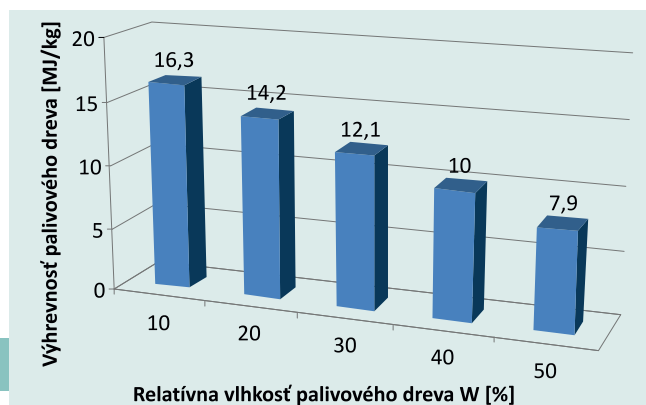
tepla únikom prchavej a neprchavej horľaviny v spalínach a strata tepla v podobe mechanického nedopaľu sa vzťahujú na výrobu tepla v kotloch spaľujúcich palivové drevo vo forme energetickej štiepky s vlhkosťami:  $W^r = 10\text{--}50 \%$ , pri menovitom tepelnom výkone  $P = 2,5 \text{ MW}$ , teplote spalín emitovaných z kotla do atmosféry  $t_{sp} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ , a neprekračovaní hodnôt emisných limitov: oxidu uhoľnatého  $EL_{CO} = 250 \text{ mg.m}^{-3}$  a popolčeka so sadzami  $EL_{C-TZL} = 50 \text{ mg.m}^{-3}$ . Uvádzané výsledky vplyvu vlhkosti palivového dreva na tepelné straty potvrdzujú v odborných kruhoch známu sku-

točnosť, že najväčšou tepelnou stratou kotlov vyrábajúcich teplo z palivového dreva prevádzkovaných v zmysle súčasne platných zásad energo-environmentálnych kritérií BAT je komínová strata. Vplyvom vlhkosti energetickej štiepky komínová strata vzrastá z hodnoty  $\xi_{K-10\%} = 13,025 \%$  na hodnotu  $\xi_{K-60\%} = 22,788 \%$  čo je nárast o  $\Delta_\xi = 9,7 \%$ . Ostatné tepel-

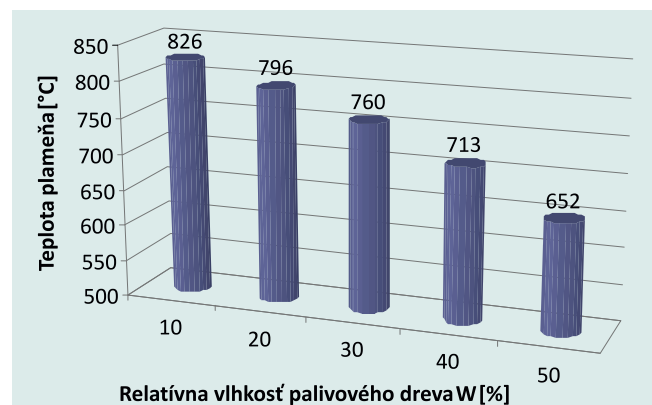
Tabuľka 1 Tepelné straty kotla spaľujúceho palivové drevo s vlhkosťou  $W^r = 10\text{--}50 \%$  a teploty spalín emitovaných do ovzdušia  $t_{sp} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$

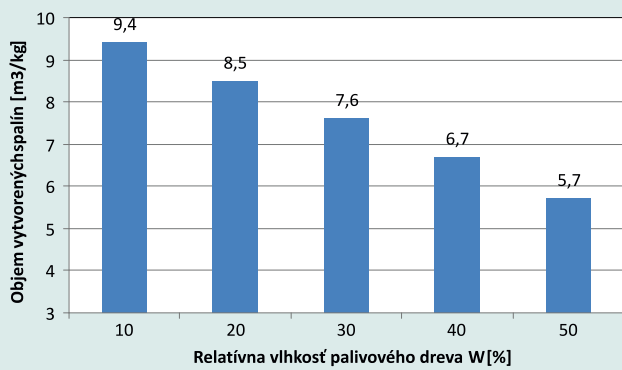
Parameter	Tepelné straty kotla [%]				
	$t_{sp} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$				
Teplota spalín $t_{sp}$ [ $^\circ\text{C}$ ]	$t_{sp} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$				
Relatívna vlhkosť $W^r$ [%]	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Komínová tepelná strata [%]	13,025	13,810	14,899	16,426	18,763
Strata tepla únikom horľaviny v spalínach [%]	0,310	0,330	0,335	0,337	0,355
Mechanický nedopaľ [%]	0,090	0,091	0,093	0,097	0,103

Graf 1 Závislosť výhrevnosti palivového dreva na relatívnej vlhkosti

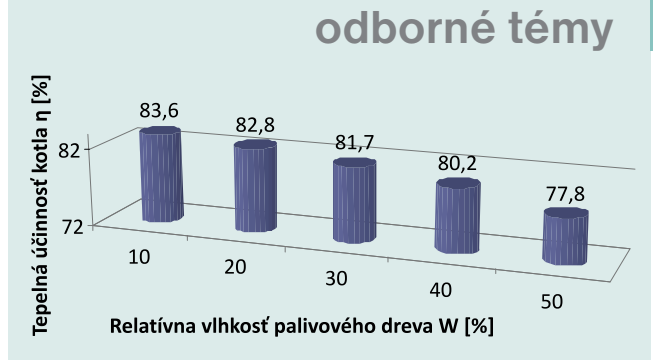


Graf 2 Vplyv vlhkosti palivového dreva na teplotu plameňa horiaceho dreva





**Graf 3** Závislosť produkcie vlhkých spalín z procesu spaľovania palivového dreva na jeho vlhkosti



**Graf 4** Závislosť teplotnej účinnosti kotla na vlhkosti spaľovaného dreva pri menovitom výkone 2,5 MW, teplote spalín emitovaných z kotla do atmosféry  $t_{sp} = 180\text{ °C}$  a neprekračovaní hodnôt emisných limitov

né straty akými je tepelná strata únikom horľaviny v spalínach a mechanický nedopaľ sú v porovnaní s kominovou stratou neporovnateľne menšie.

Na **grafe 4** je formou stĺpcového diagramu zobrazená závislosť teplotnej účinnosti 2,5 MW kotla prevádzkovaného pri vyššie uvedených podmienkach na vlhkosti palivového dreva. Pokles teplotnej účinnosti kotla na vzraсте vlhkosti matematicky popisuje polynomicou funkciou 2. stupňa v tvare:  $\eta = -0,0038 \cdot W^2 + 0,0796 \cdot W + 82,982$ .

Prezentované závislosti vplyvu vlhkosti palivového dreva na energetické vlastnosti dreva, podmienky jeho horenia v kúrenisku a teplotnú účinnosť kotla sa premietajú i v spotrebe paliva na výrobu tepla. Ak na výrobu 1 GJ tepla z palivového dreva vlhkosti  $W^r = 10\%$  a výhrevnosťou  $Q_n = 16,1\text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  pri účinnosti kotla  $\eta = 83,6\%$  sa spotrebuje 74,3 kg (**graf 5**), tak pri výrobe toho istého množstva tepla zo vzduchosuchého palivového dreva s vlhkosťou  $W^r = 25\%$  je to 93,5 kg a spaľovaním mokrého palivového dreva s vlhkosťou  $W^r = 50\%$ , spotreba vzrastá až na 162,7 kg palivového dreva. Približne dvojnásobná spotreba mokrého palivového dreva v porovnaní so suchým palivovým drevom svedčí o plytvaní dreva – energetickej suroviny radenej do skupiny obnoviteľných zdrojov energie.

Vyššia spotreba mokrého dreva v porovnaní so suchým palivovým drevom na výrobu tepla sa negatívne premieta i v otepľovaní atmosféry teplom spalín privádzaným do ovzdušia. Ako uvádzajú nasledovné údaje, vplyv vlhkosti spaľovaného dreva vo výrobe tepla nie je z environmentálneho aspektu prehrievania atmosféry zanedbateľný. Kým výrobou 1 GJ tepla z palivového dreva vlhkosti  $W^r = 10\%$  je do atmosféry privádza 679,6  $\text{m}^3$  spalín o teplote  $t_{sp} = 180\text{ °C}$  a tepelným obsahom  $Q = 0,15\text{ GJ}$  tepla, tak výrobou rovnakého množstva tepla z mokrého palivového dreva s vlhkosťou

$W^r = 50\%$  je atmosféra zaťažovaná teplom v spalínach  $Q = 0,24\text{ GJ}$ , čo predstavuje vyššiu tepelnú záťaž atmosféry o 60%. V nie poslednom rade je zaujímavý i pohľad vplyvu vlhkosti spaľovaného palivového dreva na ekonomické náklady za palivo spálené v kúrenisku kotla na výrobu tepla. Porovnanie je vykonané podľa cien palivového dreva – energetickej štiepky uvádzanej v cenníku LESY SR š.p. Banská Bystrica. Energetická štiepka z ihličnatých drevín vlhkosti  $W^r = 40\%$ , má cenu bez DPH 42 €/t. Pri vlhkosti nižšej sa cena zvyšuje o 0,7 €/t za každé % poklesu vlhkosti a o rovnakú cenu sa znižuje pri vlhkosti nad  $W^r \geq 50\%$ . Z uvedeného plynie, že cena energetickej štiepky z ihličnatých drevín vlhkosti  $W^r = 10\%$  je 63 €/t a cena energetickej štiepky z ihličnatých drevín vlhkosti  $W^r = 50\%$  je 42 €/t. Z premietnutia uvedených cien energetickej štiepky do nákladov na výrobu 1 GJ tepla plynie, že cena za palivo – štiepku vlhkosti  $W^r = 10\%$  je 4,55 €/GJ, za vzduchosuchú energetickú štiepku s vlhkosťou  $W^r = 25\%$  je 4,91 €/GJ a cena za mokrú štiepku vlhkosti  $W^r = 50\%$  je 6,92 €/GJ. Náklady na mokré palivo, napriek tomu že vlhká energetická štiepka je lacnejšia, sú 1,5 násobne vyššie vplyvom nižšej výhrevnosti palivového dre-

va a nižšej teplotnej účinnosti kotla. Výsledky analýz vplyvu vlhkosti palivového dreva na efektívnosť výroby tepla poukazujú na mieru neefektívnosti spaľovania palivového dreva vyššej vlhkosti, tak z energetického, ako i environmentálneho a ekonomického hľadiska.

Napriek uvedeným skutočnostiam, pohľady do evidencií vlhkosti spaľovaného dreva v zrekonštruovaných energetických celkoch na Slovensku spĺňajúce kritériá BAT poukazujú na fakt, že vlhkosť palivového dreva spaľovaného v týchto energetických zariadeniach je  $W^r = 35\text{--}50\%$ , t.j. spaľované drevo má technologickú vlhkosť a pred spaľovaním nie je jeho vlhkosť upravovaná. Producenti palivového dreva a ani energetici nevyužívajú ekonomicky efektívne formy vlhkostnej homogenizácie palivového dreva akými sú technológie prirodzeného sušenia sezónne nespáľovaného palivového dreva vo forme odrezkov, krajnic, či okrajkov pred jeho štiepkovaním, transpiračné sušenie konároviny, či zber dendromasy z porastov plantážnických pestovaných rýchlorastúcich drevín technológiou „cut and storage“. Využívanie uvedených technológií v praxi by prispelo nielen k zefektívneniu výroby tepla z dreva, ale i k šetreniu obnoviteľnej domácej suroviny. ■

**Graf 5** Spotreba palivového dreva na výrobu 1 GJ tepla v závislosti na vlhkosti

