



## VPLYV PODIELU KÔRY NA HUSTOTU, POPOLNATOSŤ A VÝHREVNOSŤ ENERGETICKEJ ŠTIEPKY PLANTÁŽNICKY PESTOVANEJ DREVINY SALIX VIMINALIS KLON INGER

Ladislav Dzurenda – Lukáš Ridzik – Mykola Zoliak

### Abstract

*In this contribution, there are presented the results of analyses of bark rate influence to density, ash content and calorific value of energetic chip made from dendromass of four year old plantation growing Salix viminalis clone Inger tree. Analyzed energetic chip is consisting from juvenile wood and juvenile bark. The rate of bark in analyzed green chip is  $X_K = 17.45 \pm 0.97 \%$ , density of dry energetic chip from Salix viminalis clone Inger tree is  $\rho_0 = 523.71 \pm 12.08 \text{ kg.m}^{-3}$ . Due to juvenile bark with density  $\rho_{0-K} = 638.53 \pm 29.13 \text{ kg.m}^{-3}$  is energetic chip density 6.6 percent higher than density of wood fuel of this tree. The ash volume determinated with weighted average of juvenile wood's ash and juvenile bark's ash and wood rate and bark rate consisted in energetic chip is  $A^d = 1.09 \%$ . This value is 3 times bigger as ash value from hardwood trees. Calorific value of this chip in absolutely dry status is  $Q_n = 18\,047 \text{ kJ.kg}^{-1}$ . This calorific value is 4.5 % lower as calorific value of hardwood trees inscribed in European norms EN 14 961 Solid biofuels – Classes and species of fuels.*

**Key words:** biofuel, energy chips, Salix viminalis klon: Inger, density, ash, lower heating value.

### ÚVOD

Drevo listnatých drevín v suchom stave v zmysle EN 14 961 Tuhé biopalivá je biopalivo charakterizované stredne vysokou výhrevnosťou  $Q_n^d = 18,9 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , vysokým podielom prchavej horľaviny  $V^d = 85 \%$  a nízkym obsahom popola  $A^d = 0,3 \%$ , patriace medzi obnoviteľné energetické zdroje.

V ostatných 30-tych rokoch v záujme zvýšenia produkcie dendromasy pre energetické účely sú zakladané plantáže rýchlorastúcich drevín, ktorých minimálna objemová produkcia dendromasy je  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ . Podľa prác: Varga – Godó (2002), Jandačka – Malcho – Mikulík (2007), Suchomel – Gejdoš (2007), Malaťák – Vaculík (2008), Čížková – Čížek – Bajajová (2010), Liebhart (2010), Otepla – Habán (2011) vhodnými drevinami pestovanými na plantažach za účelom produkcie denromasy pre energetické účely v Stredo európskom priestore sú dreviny: agát biely (*Robinia pseudoacacia L.*), klony topoľov (*Populus*), vrbá biela (*Salix alba L.*) a klony vrby košíkárskej (*Salix viminalis*).

Podľa spôsobu zakladania plantáže a doby pestovania porastu na plantáži, sú plantáže rýchlorastúcich drevín rozdeľované na plantáže s cyklom zberu do 5 rokov (mini rotácia), s cyklom zberu 5 až 10 rokov (midi rotácia) a cyklom zberu 10 – 20 rokov (maxi rotácia), *Simanov (1995)*. Cieľom produkcie dendromasy z plantáží s cyklom zberu 10 – 20 rokov je produkcia vlákny pre celuzo-papierenský priemysel, či suroviny pre výrobu trieskových materiálov a konároviny na výrobu zelenej štiepky určenej pre sektor energetiky.

V danom príspevku sú prezentované výsledky experimentálnych prác vykonaných za účelom stanovenia vplyvu podielu kôry na fyzikálne a energetické vlastnosti štiepky dreveniny *Salix viminalis* klon *Inger*, vyrobenej zo stromčekov 4 ročného plantážnického pestovaného porastu, akými sú: hustota, chemické zloženie horľaviny, popolnatosť a výhrevnosť energetickej štiepky.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Vzorky energetickej štiepky boli odobrané pri ťažbe 4 ročného plantážnického pestovaného porastu dreveniny *Salix viminalis* klon *Inger* Inštitútom Krista Veľkňaza pri obci Ľubica na východnom Slovensku. Zber bol vykonaný mobilnou sekačkou fínskej výroby typ: JUNKKARI HJ 10.

Podiel kôry v energetickej štiepke bol laboratórne stanovený podľa STN 48 0058:2004 Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a piliny. Zastúpenie kôry v energetickej štiepke bolo vypočítané prostredníctvom vzťahu:

$$X_k = \frac{m_k}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

kde:  $m_k$  – hmotnosť kôry vo vzorke štiepky [g],  
 $m_s$  – hmotnosť vzorky štiepky [g].

Hustota energetickej štiepky v suchom stave bola stanovená podľa: IPP-7/2007 – Interný pracovný postup pre stanovenie hustoty drevenej hmoty - štiepky. Hustota energetickej štiepky z nameraných hodnôt hmotnosti a objemu vzorky bola vypočítaná podľa rovnice:

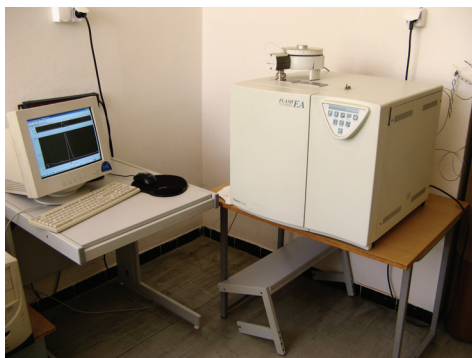
$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad [kg \cdot m^{-3}] \quad (2)$$

kde:  $m_0$  – hmotnosť suchej vzorky energetickej štiepky [kg]  
 $V_0$  – objem suchej vzorky energetickej štiepky [m<sup>3</sup>]

Prvkový rozbor horľaviny vzoriek juvenilného dreva a juvenilnej kôry analyzovanej dreveniny bol vykonaný v Centrálnom lešnickom laboratóriu v Národnom lešnickom centre vo Zvolene. Obsah uhlíka  $C^{daf}$  [%], vodíka  $H^{daf}$  [%] a dusíka  $N^{daf}$  [%] v horľavine vzoriek juvenilného dreva a juvenilnej kôry bol stanovený na analyzátoře NCS-FLASH EA 1112. Obsah kyslíka v horľavine vzoriek bol stanovený výpočtom, pri predpoklade nulového zastúpenia síry v dendromase a jej horľavine  $S^{daf} = 0$  (výskyt v stopových množstvách) podľa vzťahu:

$$O^{daf} = 100 - C^{daf} - H^{daf} - N^{daf} \quad [\%] \quad (3)$$

kde:  $C^{daf}$  – obsah uhlíka v horľavine [%],  
 $H^{daf}$  – obsah vodíka v horľavine [%],  
 $N^{daf}$  – obsah dusíka v horľavine [%],



Obr. 1 Prístroj NCS FLASH EA 1112

Chemické zloženie horľaviny zelenej štiepky pozostávajúce z horľaviny juvenilného dreva a horľaviny juvenilnej kôry bolo stanovené výpočtom na základe podielu dreva a kôry v zelenej štiepke a nameraných hodnôt zastúpenia jednotlivých prvkov v horľavine dreva a kôry podľa vzťahov:

$$\begin{aligned} C_s^{daf} &= \left[ \frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot C_D^{daf} + \frac{X_K}{100} \cdot C_K^{daf} \\ H_s^{daf} &= \left[ \frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot H_D^{daf} + \frac{X_K}{100} \cdot H_K^{daf} \\ N_s^{daf} &= \left[ \frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot N_D^{daf} + \frac{X_K}{100} \cdot N_K^{daf} \\ O_s^{daf} &= \left[ \frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot O_D^{daf} + \frac{X_K}{100} \cdot O_K^{daf} \end{aligned} \quad (4)$$

kde:  $C_s^{daf}$ ,  $H_s^{daf}$ ,  $N_s^{daf}$ ,  $O_s^{daf}$  – obsah uhlíka, vodíka, dusíka, kyslíka v horľavine štiepky [%],  
 $C_D^{daf}$ ,  $H_D^{daf}$ ,  $N_D^{daf}$ ,  $O_D^{daf}$  – obsah uhlíka, vodíka, dusíka, kyslíka v horľavine dreva [%],  
 $C_K^{daf}$ ,  $H_K^{daf}$ ,  $N_K^{daf}$ ,  $O_K^{daf}$  – obsah uhlíka, vodíka, dusíka, kyslíka v horľavine kôry [%],  
 $X_K$  – zastúpenie kôry v štiepke [%].

Podiel popola z dendromasy v energetickej štiepke dreviny *Salix viminalis* klon *Inger* bol stanovený formou technického výpočtu na základe zastúpenia kôry v štiepke a podielu popola z juvenilného dreva a juvenilnej kôry.

Kvantifikácia podielu popola z juvenilného dreva a juvenilnej kôry bola vykonaná laboratórne podľa normy STN ISO 1171 Tuhé palivá - Stanovenie popola. Podiel popola zo vzorky juvenilného dreva  $A_D^d$  a zo vzorky juvenilnej kôry  $A_K^d$  popisuje matematický zápis:

$$\begin{aligned} A_D^d &= \frac{m_{A-D}^d}{m_D^d} \cdot 100 \quad [\%] \\ A_K^d &= \frac{m_{A-K}^d}{m_K^d} \cdot 100 \quad [\%] \end{aligned} \quad (5)$$

kde:  $m_{A-D}^d$  – hmotnosť popola zo suchej vzorky juvenilného dreva [g],

$m_D^d$  – hmotnosť suchej vzorky juvenilného dreva [g],

$m_{A-K}^d$  – hmotnosť popola zo suchej vzorky juvenilnej kôry [g],

$m_K^d$  – hmotnosť suchej vzorky juvenilnej kôry [g].

Percentuálny podiel popola – anorganického zvyšku po spálení zelenej štiepky bilancuje rovnica:

$$A_S^d = \left[ \frac{100 - X_K}{100} \right] \cdot A_D^d + \frac{X_K}{100} \cdot A_K^d \quad [\%] \quad (6)$$

kde:  $A_D^d$  – obsah popola v suchej vzorke juvenilného dreva [%],

$A_K^d$  – obsah popola v suchej vzorke juvenilnej kôry [%],

$X_K$  – zastúpenie kôry vo vzorke energetickej štiepky [%].

Výhrevnosť sušiny energetickej štiepky – analyzovaného klonu dreveny *Salix viminalis* je stanovená na základe chemického zloženia horľaviny a podielu popola v sušine biopalive technickým výpočtom podľa M. I. Mendelejevovej rovnice:

$$Q_n^d = \left[ 339 \cdot C_S^{daf} + 1029,8 \cdot H_S^{daf} - 108,8 \cdot O_S^{daf} \right] \left[ \frac{100 - A_S^d}{100} \right] \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (7)$$

kde:  $C_S^{daf}$  – obsah uhlíka v horľavine štiepky [%],

$H_S^{daf}$  – obsah vodíka v horľavine štiepky [%],

$O_S^{daf}$  – obsah kyslíka v horľavine štiepky [%],

$A_S^d$  – obsah popola v sušine energetickej štiepke [%].

## VÝSLEDKY

Podiel kôry vo vzorkách energetickej štiepky analyzovaného klonu dreveny *Salix viminalis* uvádza tabuľka 1.

Tab. 1 Podiel kôry v energetickej štiepke dreviny *Salix viminalis* klon Inger

Vzorka	Vzorka 1	Vzorka 2	Vzorka 3	Priemer
Podiel kôry v štiepke [%]	18,14	17,54	16,68	<b>17,45 ± 0,97</b>

Hodnoty nameranej hustoty juvenilného dreva, juvenilnej kôry a energetickej štiepky dreviny *Salix viminalis* klon Inger v suchom stave pri  $W_r = 0\%$  uvádza tabuľka 4.

Tab. 4 Hustota energetickej štiepky dreviny *Salix viminalis* klon Inger pri  $W_r = 0\%$ 

Hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]	Vzorka 1	Vzorka 2	Vzorka 3	Priemer
Juvenilného dreva	489,01	478,91	491,43	486,45 ± 8,82
Juvenilnej kôry	621,20	663,03	631,37	638,53 ± 29,13
Energetickej štiepky	518,93	534,19	518,02	523,71 ± 12,08

Elementárne chemické zloženie horľaviny vzoriek juvenilného dreva a juvenilnej kôry dreviny *Salix viminalis* klon Inger a podiel popola uvádza tabuľka č. 2.

Tab. 2 Podiely základných prvkov horľaviny a popola v dreve a kôre dreviny *Salix viminalis* klon Inger

<i>Salix viminalis</i> klon Inger		C <sup>daf</sup> [%]	H <sup>daf</sup> [%]	O <sup>daf</sup> [%]	N <sup>daf</sup> [%]	A <sup>d</sup> [%]
Drevo	vzorka 1	48,91	6,49	44,28	0,32	0,63
	vzorka 2	48,65	6,19	44,74	0,42	0,59
	vzorka 3	48,99	6,28	44,33	0,40	0,61
	priemer	<b>48,85</b>	<b>6,32</b>	<b>44,45</b>	<b>0,38</b>	<b>0,61</b>
Kôra	vzorka 1	49,39	6,10	42,74	1,77	3,45
	vzorka 2	49,52	6,03	42,71	1,74	3,18
	vzorka 3	49,32	6,05	42,80	1,83	3,48
	priemer	<b>49,41</b>	<b>6,06</b>	<b>42,75</b>	<b>1,78</b>	<b>3,47</b>

Zastúpenie prvkov horľaviny a popola v zelenej štiepke analyzovaného - plantážnický pestovaného klonu dreviny *Salix viminalis*, stanovené formou váženého priemeru na základe podielov juvenilného dreva a juvenilnej kôry v štiepke a elementárneho chemického zloženia horľaviny vzoriek juvenilného dreva a juvenilnej kôry uvádza tabuľka 3.

Tab.3. Podiely základných prvkov horľaviny a popola v štiepke dreviny *Salix viminalis* klon Inger.

Drevina	Zastúpenie dreva a kôry v štiepke [%]		Chemické zloženie horľaviny [%]				Popol [%]
			C <sup>daf</sup>	H <sup>daf</sup>	O <sup>daf</sup>	N <sup>daf</sup>	A <sup>d</sup>
<i>Salix viminalis</i> klon Inger	Drevo	82,55	48,85	6,32	44,45	0,38	0,61
	Kôra	17,45	49,41	6,06	42,75	1,78	3,47
	Štiepka	<b>100</b>	<b>48,95</b>	<b>6,27</b>	<b>44,16</b>	<b>0,62</b>	<b>1,09</b>

Výhrevnosť sušiny energetickej štiepky vyrobenej z plantážnicky pestovaného klonu Inger drevinu *Salix viminalis*, vypočítaná prostredníctvom vzťahu M. I. Mendelejeva uvádza tabuľka 5.

Tab.5 Výhrevnosť energetickej štiepky v suchom stave drevinu *Salix viminalis* klon Inger.

Drevina	Výhrevnosť [kJ.kg <sup>-1</sup> ]
<i>Salix viminalis</i> klon Inger	18 047

## DISKUSIA

Výsledky experimentálnych prác stanovujúce podiel kôry v energetickej štiepke uvádzajú, že priemerný podiel kôry v energetickej štiepke drevinu: *Salix viminalis* klon Inger je  $X_K = 17,45$  %. Uvedená hodnota nepresahuje prípustnú hranicu podielu kôry v energetickej štiepke v zmysle STN 48 0058:2004, ktorá je  $X_K = 30$  %. Podiel kôry v energetickej štiepke je zrovnateľný s podielom kôry v energetickej štiepke z 4 až 5 ročných porastov klonov: RAPP, ULV, ORM rýchlorastúcej drevinu: *Salix viminalis* pestovaných na Slovensku Dzurenda-Gefertová-Zoliak (2010), Dzurenda-Zoliak-Kopnická (2010) a klonu Tordis danej drevinu Dzurenda-Ridzik-Dzurenda, M. (2012).

Hustota dendromasy energetickej štiepky v suchom stave ( $W_r = 0$  %) drevinu *Salix viminalis* klon Inger, vyrobená zo stromčekov 4 ročného plantážnicky pestovaného porastu, pozostávajúca s juvenilného dreva a juvenilnej kôry, stanovená laboratórne má hodnotu  $\rho_0 = 523,71 \pm 12,08$  kg.m<sup>-3</sup>. Hustota juvenilného dreva  $\rho_{0-D} = 486,45 \pm 8,82$  kg.m<sup>-3</sup> je zrovnateľná s publikovanými údajmi o hustote suchého vrbového dreva v odbornej literatúre: Regináč 1990, Kurjatko 2010, Dzurenda – Delinski 2010. Hustota juvenilnej kôry  $\rho_{0-K} = 638,53 \pm 29,13$  kg.m<sup>-3</sup> je o 6,6 % vyššia. Daná skutočnosť sa podieľa i na zvýšenej hustote biopaliva – analyzovanej energetickej štiepky.

Z porovnania chemického zloženia horľaviny energetickej štiepky tvorenej juvenilným drevom a juvenilnou kôrou plantážnicky pestovanej drevinu *Salix viminalis* klon Inger s chemickým zložením horľaviny palivového dreva mäkkých listnatých drevín plynie, že chemické zloženie horľaviny energetickej štiepky sa nelíši od chemického zloženia palivového dreva mäkkých listnatých drevín až na zastúpenie dusíka – endotermickej zložky horľaviny. Podiel dusíka v horľavine energetickej štiepky  $N = 0,62$  % je 3,3 násobne vyšší než je podiel dusíka v horľavine palivového dreva mäkkých listnatých drevín. Zvýšený podiel dusíka v horľavine energetickej štiepky plantážnicky pestovanej drevinu *Salix viminalis* klon Inger je pripisovaný jednak podielu kôry v energetickej štiepke, v ktorej zastúpenie fytogéneho prvku – dusíka je 5 krát vyššie než v dreve *Perelygin* (1965), *Dzurenda* (2005), ako aj prítomnosti bielkovín a aminokyselín v kambiálnych bunkách a chlorofylu v povrchových pletivách juvenilnej kôry *Dzurenda – Zoliak* (2011).

Vyšší podiel popola v kôre analyzovaného klonu drevinu *Salix viminalis*, než v dreve danej drevinu uvádzaný v tabuľkách č. 2 a 3 je potvrdením známych skutočností. Namerané hodnoty podielov popola v jednotlivých vzorkách kôry sú však 4 až 5 krát

vyššie než je uvádzaný podiel popola z kôry listnatých drevín SIMANOV (1995), BUČKO–OSVALD (1997), DZURENDA(2005). Uvedená skutočnosť sa premieta i na podiele popola z biopaliva – energetickej štiepky, hodnota ktorej je  $A^d = 1,09 \%$ . Podiel popola z analyzovanej energetickej štiepky je cca 2 krát vyšší než je podiel popola z dreva listnatých drevín uvádzaný autormi Perelygin (1965), SIMANOV (1995), BUČKO–OSVALD (1997), DZURENDA–JANDAČKA (2010) a 3 krát vyšší než uvádza EN 14 961 Tuhé biopalivá. Napriek uvedenému konštatovaniu uvedená hodnota radí predmetné biopalivo medzi nízkopopolnaté palivá.

Výhrevnosť energetickej štiepky v suchom stave analyzovaného klonu dreveniny *Salix viminalis*, vypočítaná podľa rovnice (7), je  $Q_n = 18\,047 \text{ kJ.kg}^{-1}$ . Uvedená hodnota stanovená technickým výpočtom podľa rovnice M. I. Mendelejeva, je zrovnateľná s výhrevnosťou energetickej štiepky vyrobenej z dendromasy porastu plantážnicky pestovanej dreveniny *Salix viminalis* klon ULV stanovenej zo spalného tepla nameranom na kalorimetri IKA 200 Dzurenda – Gefertová – Hecl (2010). Z porovnania hodnoty výhrevnosti energetickej štiepky analyzovaného klonu dreveniny *Salix viminalis* s priemernou hodnotou výhrevnosti sušiny dreva listnatých drevín  $Q_n = 18\,900 \text{ kJ.kg}^{-1}$  uvádzaných v EN 14 961 Tuhé biopalivá plynie, že uvedená hodnota je o 4,5 % nižšia.

## ZÁVER

Na základe vykonaných experimentálnych prác možno konštatovať, že energetická štiepka vyrobená z dendromasy 4 ročného porastu plantážnicky pestovanej dreveniny *Salix viminalis* klon *Inger*, ako biopalivo má nasledovné energetické vlastnosti:

- podiel kôry v energetickej štiepke  $X_K = 17,45 \pm 0,97 \%$ ,
- hustota  $\rho_{s-w} = 523,71 \pm 12,08 \text{ kg.m}^{-3}$ ,
- horľavina energetickej štiepky pozostáva z 48,95 % uhlíka, 6,27 % vodíka, 44,16 % kyslíka a 0,62 % dusíka,
- podiel popola v sušine energetickej štiepky je  $A^d = 1,09 \%$ .
- výhrevnosť energetickej štiepky v suchom stave  $Q_n = 18\,047 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Kôra v energetickej štiepke spôsobuje zvýšenie hustoty biopaliva o 6,6 %, 3,3 násobné zvýšenie podielu dusíka - endotermickej zložky v horľavine biopaliva, 3 násobné zvýšenie popola, než uvádza EN 14 961 Tuhé biopalivá a zníženie výhrevnosti o 4,5 %.

### PodĎakovanie:

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu: VEGA–SR č. 1/0334/11, ako výsledok práce autora a výraznej pomoci agentúry VEGA–SR.

## LITERATÚRA

1. Bučko, J. - Osvald, A. [1997]: Rozklad dreva teplom a ohňom. Zvolen: V-TU vo Zvolene, 100 p.

2. Čížková, L. - Čížek, V. - Bajajová, H. [2010]: Growth of hybrid poplars in silviculture at the age of 6 years. In: Journal of Forest Science, roč. 56 (10): 451–460.
3. Dzurenda, L. [2010]: Spaľovanie dreva a kôry. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. 2005, 124 s.
4. Dzurenda, L. - Geffertová, J. - Hecl, V. [2010]: Energy characteristics of the woodchip produced from *Salix viminalis* - clone ULV. In: Drvna industrija, 61(1) 27-31. ISSN 0012-6772.
5. Dzurenda, L.- Geffertová, J.- Zoliak, M. [2010]: Energetické vlastnosti štiepky plantážnicky pestovanej dreviny *Salix viminalis* - klon Rapp. In: Acta Facultatis Xylogiae Zvolen, 52(1): ISSN 1336-3824.
6. Dzurenda, L.- Deliiski, N. [2010]: Tepelné procesy v technológiách spracovania dreva. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 273 s.
7. Dzurenda, L.- Zoliak, M.- Kopnická, M. [2010]: Chemické zloženie horľaviny štiepky plantážnicky pestovanej dreviny *salix viminalis*. In: Integrovaná logistika pri produkcii a využívaní biomasy. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, s. 43-48, ISBN 978-80-228-2143-8.
8. Dzurenda, L.- Jandačka, J. [2010]: Energetické využitie dendromasy. Zvolen: V-TU vo Zvolene, 162 p.
9. Dzurenda, L.- Zoliak, M. [2011]: Chemické zloženie horľaviny energetickej štiepky z dendromasy plantážnicky pestovanej dreviny *populus* klon *Max 5*. In: Acta Facultatis xylogiae, 53 (1): 87-92.
10. Dzurenda, L.- Zoliak, M. [2012]: Energetické vlastnosti biomasy – energetickej štiepky niektorých klonov plantážnicky pestovanej dreviny *Populus*. In: Využitie biomasy z obnoviteľných zdrojov na energetické účely. Nitra: SPU Nitra. s. 137 – 147.
11. Dzurenda, L.- Ridzik, L.- Dzurenda, M. [2012]: Energetické vlastnosti štiepky z porastu plantážnicky pestovanej dreviny *Salix viminalis* klon *Tordis*. In: Biomasa a riziká pri jej spracovaní. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. s. 73 – 81.
12. Jandačka, J. - Malcho, M. - Mikulík M. [2007]: Biomasa ako zdroj energie. Žilina, Vydavateľstvo GEORG Žilina, 241 p.
13. Kurjatko, S. a kol. [2010]: Parametre kvality dreva určujúce jeho finálne použitie. Zvolen, Vydavateľstvo TU vo Zvolene. 352 s.
14. Malaťák, J.- Vaculík, P. [2008]: Biomasa pro výrobu energie. Praha: Vydavateľ CZU v Praze, 206 p.
15. Libhard, P. [2010]: Energieholz im Kurzumtrieb Rohstoff der Zukunft. Grac-Stuttgart: Leopold Stocker Verlag, 123 p.
16. Otepka, P.- Habán, M. [2011]: Víba košíkárska *Salix viminalis* L. Pestovaná ako obnoviteľný zdroj energie v teplej agro-klimatickej makrooblasti Slovenskej republiky. Nitra: SPU Nitra, 83 p.
17. Perelygin, L. M. [1965]: Nauka o dreve. Bratislava: SVTL, 448 s.
18. Regínač, L. a kol. [1990]: Nauka o dreve II. Zvolen, ES-VŠLD. 424 s.
19. Simanov, V. [1995]: Energetické využívaní dříví. Olomouc: Terapolis, 98 p.
20. Suchomel, J., Gejdoš, M. [2007]: Analysis of wood resources and price comparison in Slovakia and selected countries. In: Woodworking techniques, Zalesina, Croatia, pp. 143-152.
21. Varga, L.- Godó, T. [2002]: Rýchlorastúce dreviny a možnosti zvýšenia produkcie biomasy na energiu. In Využívanie lesnej biomasy na energetické účely v podmienkach SR, Zvolen: LVU, pp. 28-37.
22. STN 48 0058: 2004 Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a piliny.
23. EN STN 14961-1:2010 Tuhé biopalivá – Špecifikácie a triedy palív.