

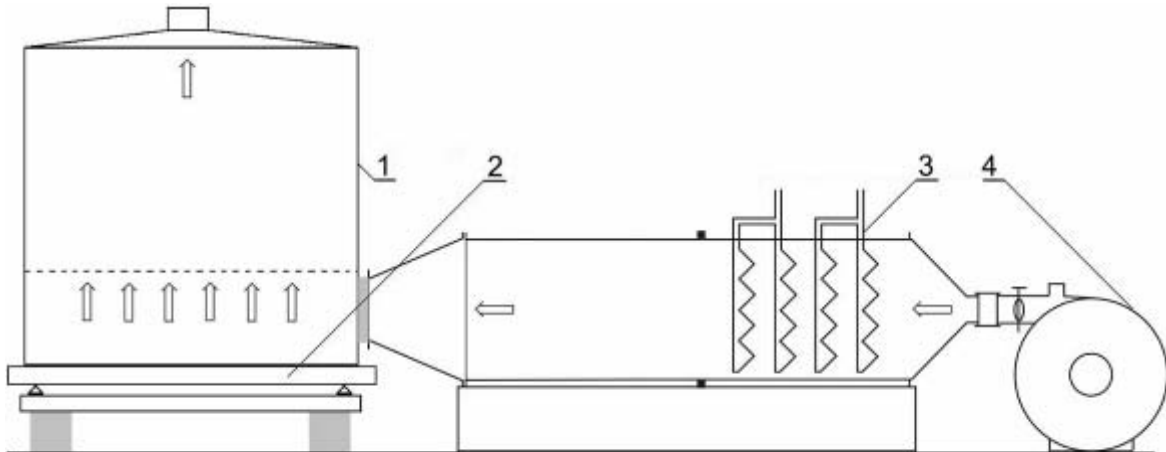
4.3. A03/08 – Stanovení parametrů nízkoenergetického sušení stébelnin.

Náplní aktivity A03/08 bylo stanovit experimentálně v laboratorních podmínkách parametry sušení stébelnatého materiálu profukováním vrstvy předehřátým vzduchem.

Pro účely měření bylo použito zařízení na sledování procesu sušení materiálu v nehybné profukované vrstvě. Je tvořeno otevřeným boxem předěleným vodorovně distributorem vzduchu - roštem na dvě části.

Do prostoru pod roštem se přivádí sušící vzduch hnaný ventilátorem přes elektrická topná tělesa. Průtok sušícího vzduchu je určen výkonem ventilátoru, aerodynamickým odporem vrstvy materiálu s roštem a množstvím odbočeného vzduchu. Odbočovací otvor a jeho aerodynamický odpor tvoří bypass k aerodynamickému odporu vrstvy materiálu s roštem. Teplota je nastavována zapínáním jednotlivých topných těles a její hodnota je určena celkovým příkonem zapojených těles, průtokem vzduchu (průtočnou tepelnou kapacitou vzduchu) a ztrátami přes povrch přívodních potrubí a stěn prostoru pod roštem zařízení.

V prostoru nad roštem je umístěn vysoušený materiál ve vrstvách s tím, že na každou vrstvu jsou vždy rozprostřeny termočlánky pro měření teploty v příslušných vybraných místech. V praxi to znamená, že je nejprve na rošt rozprostřena 1. vrstva vlhkého materiálu na ní 3 termočlánky, pak je na ně rozprostřena 2. vrstva a na ní opět 3 termočlánky atd. Každá trojice termočlánků tak reprezentuje teplotu nad určitou vrstvou v příslušné výšce.



Obr. 4.3.1.: Schéma experimentálního zařízení: 1-box s roštem; 2-plošinové váhy; 3-topná tělesa; 4-ventilátor

Nad poslední vrstvou jsou umístěny zbývající termočlánky a vlhkoměr Comet T311. Box je shora otevřený což umožňuje snadné umístění vysoušeného materiálu a termočlánků. Otvor je pro vlastní měření překryt plastovou folií s krátkým výstupním potrubím, v němž je pomocí vrtulového anemometru určována rychlost proudění a tím i průtok vlhkého vzduchu na výstupu z boxu.

Celý box je umístěn na plošinových vahách.

Teploty nad jednotlivými vrstvami byly měřeny plášťovaným termočlánkem typu K 0,25 mm s časovou konstantou 1 s. Obdobným termočlánkem typu K 1mm byla kontrolována teplota sušícího vzduchu T_v pod roštem. Vlhkost sušícího vzduchu nasávaného

do sušící experimentální tratě byla měřena vlhkoměrem Comet TR311. Rychlost proudění vzduchu na výstupu z boxu byla určována vrtulovým anemometrem.

Údaje termočlánků byly automatizovaně snímány s intervalem 10 sekund pomocí ústředny ORION3530 fy Schlumberger. Výsledky byly převedeny sériovým portem do PC, kde byly následně upraveny do formátu MS Excel.

Údaje vah, vlhkoměru T311 a lihového mikromanometru byly odečítány a zapisovány v intervalu 60 sekund. Zjištěné údaje byly statisticky zpracovávány a zapracovány do bilančních vztahů.

Průtok suchého vzduchu M_v je určován z naměřené střední rychlosti w , teploty T_v a vlhkosti x_v vzduchu v krátkém výstupním potrubí, průřezu S dle zjednodušeného vztahu pro ideální plyn

$$M_v = \frac{w \cdot S \cdot (P_o - P_w)}{R_{sv} \cdot (T_v + 273,15)} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (4.3.1)$$

Kde: S je průřez (m^2)
(v případě realizovaných měření $0,00622 \text{ m}^2$)

P_o je atmosférický tlak (Pa)

R_{sv} je měrná plynová konstanta suchého vzduchu ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

P_w je tlak vodních par na výstupu (Pa)

T_v je teplota vzduchu (K)

Tlak vodních par na výstupu je určen: z relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty T_v dle vztahu

$$P_w = RH \cdot P_{n(T_v)} \quad (\text{Pa}) \quad (4.3.2)$$

Kde: RH je relativní vlhkost vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

T_v je teplota vzduchu (K)

$P_{n(T_v)}$ je tlak nasycených par při měřené teplotě T_v (Pa)

Z hodnot průtoku vzduchu a tlakové ztráty při průchodu vrstvou vysoušeného materiálu s roštem lze odvodit hodnoty tvarového součinitele proudění vystupujícího ve vztahu pro mezi tlakovou ztrátou Δp .

Hydraulický odpor při průtoku plynu vrstvou je vyjadřován ve tvaru:

$$\Delta p = \frac{3 \cdot \xi \cdot w_e \cdot \rho_v \cdot (1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \quad (\text{Pa}) \quad (4.3.3)$$

Kde: w_e je mimovrstvová rychlost proudění ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(mimovrstvová rychlost proudění w_e je určena z hodnoty celkového průtoku vzduchu a celkové plochy průřezu boxu cca $0,25 \text{ m}^2$)

je součinitel hydraulického odporu (-)

(je určován experimentálně v závislosti na mimovrstvové rychlosti proudění charakterizované Reynoldsovým číslem)

ρ_v je hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

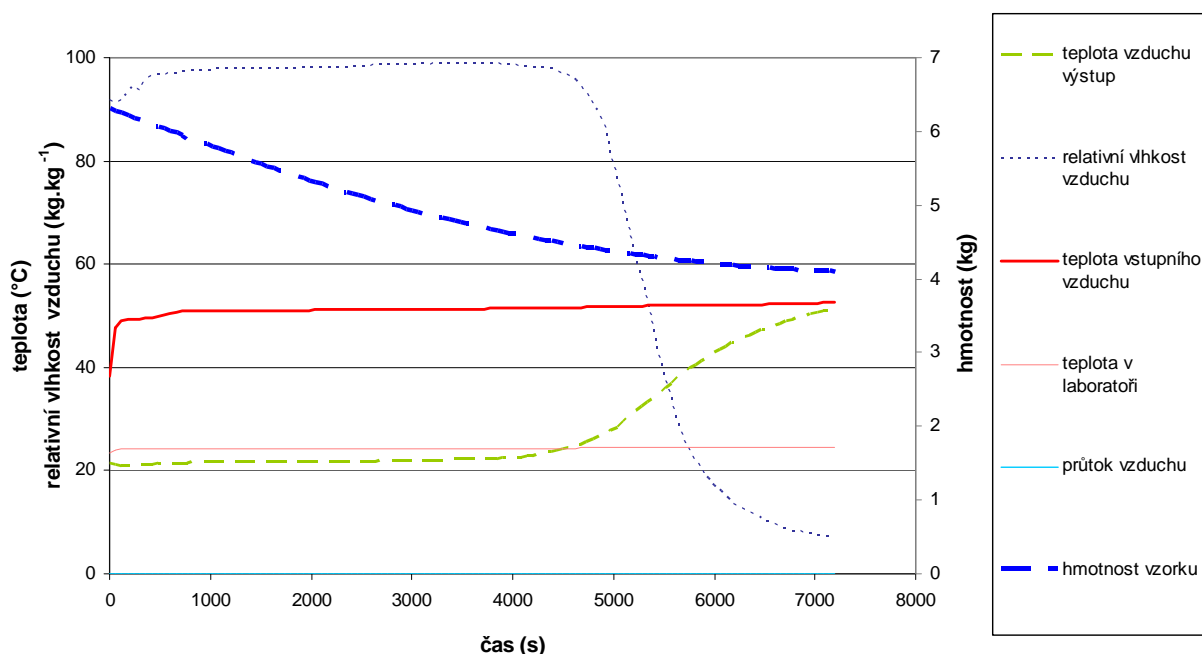
je mezerovitost (-)

Mezerovitost je v odborné literatuře většinou vyjadřována:

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V} \quad (-) \quad (4.3.4)$$

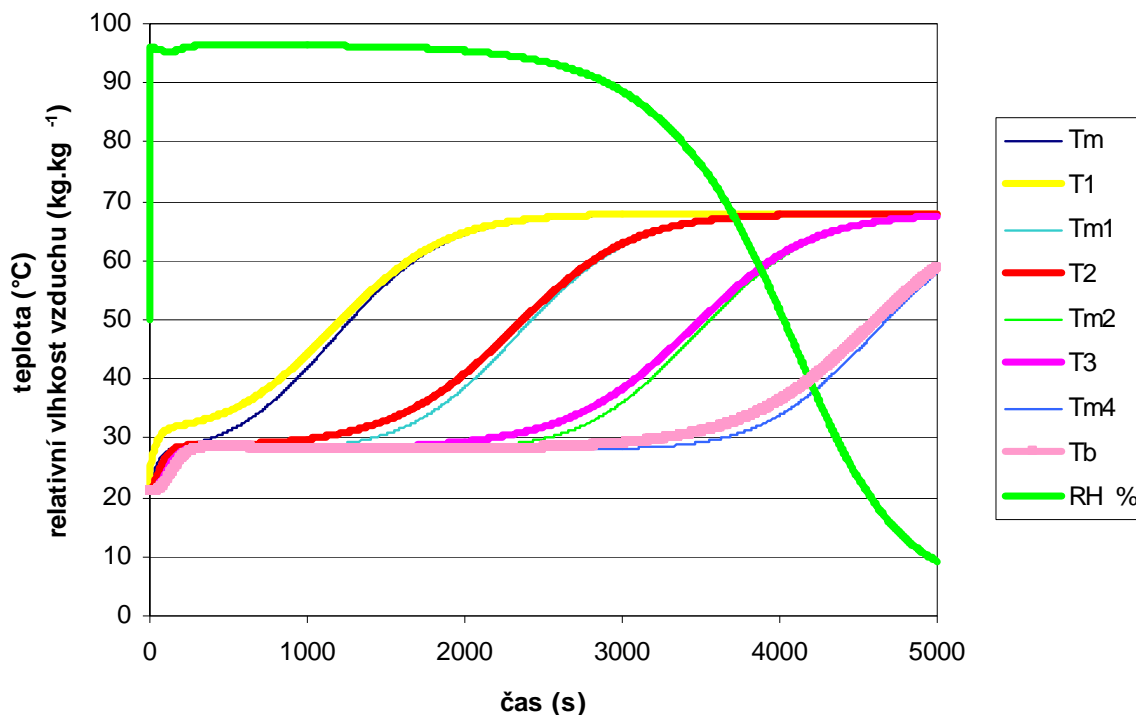
Kde: V je objem celé hmoty (m^3)
 V_p je objem pórů (m^3)

V průběhu experimentů byla čidla v komoře uložena ve 4 vrstvách vysokých 10 cm. Do celkové bilance byly pro přehlednost hodnoty udávané jednotlivými čidly v materiálu zprůměrnovány a v grafickém znázornění se objevují jako jedna křivka. Odečítání a ukládání dat probíhalo on-line během experimentu. Příklad graficky znázorněného průběhu vybraných veličin je uveden na *Obr. 4.3.2*.



Obr. 4.3.2.: Grafický znázorněný záznam průběhu teplot, relativní vlhkosti vzduchu na výstupu a hmotnosti vzorku při sušení chrastice rákosovité.

Na *Obr. 4.3.3* je uveden příklad záznamu čidel v jednotlivých vrstvách provzdušňovaného materiálu.

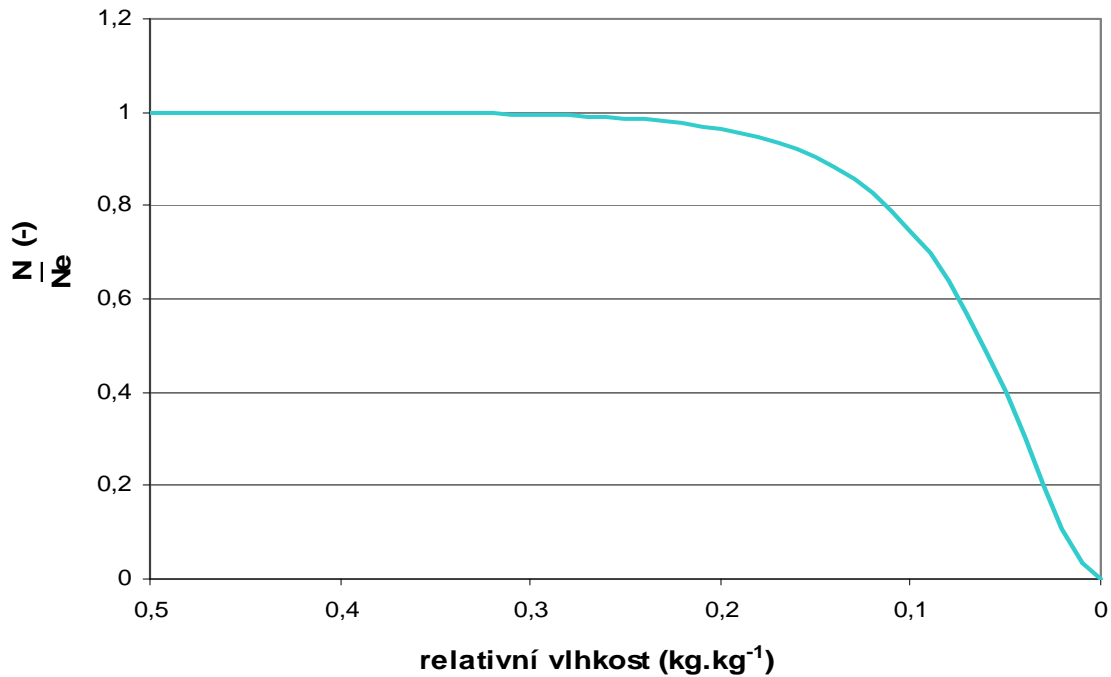


Obr. 4.3.3.: Graficky znázorněný záznam teplot v jednotlivých vrstvách provzdušňovaného materiálu a relativní vlhkosti vzduchu na výstupu v průběhu sušení

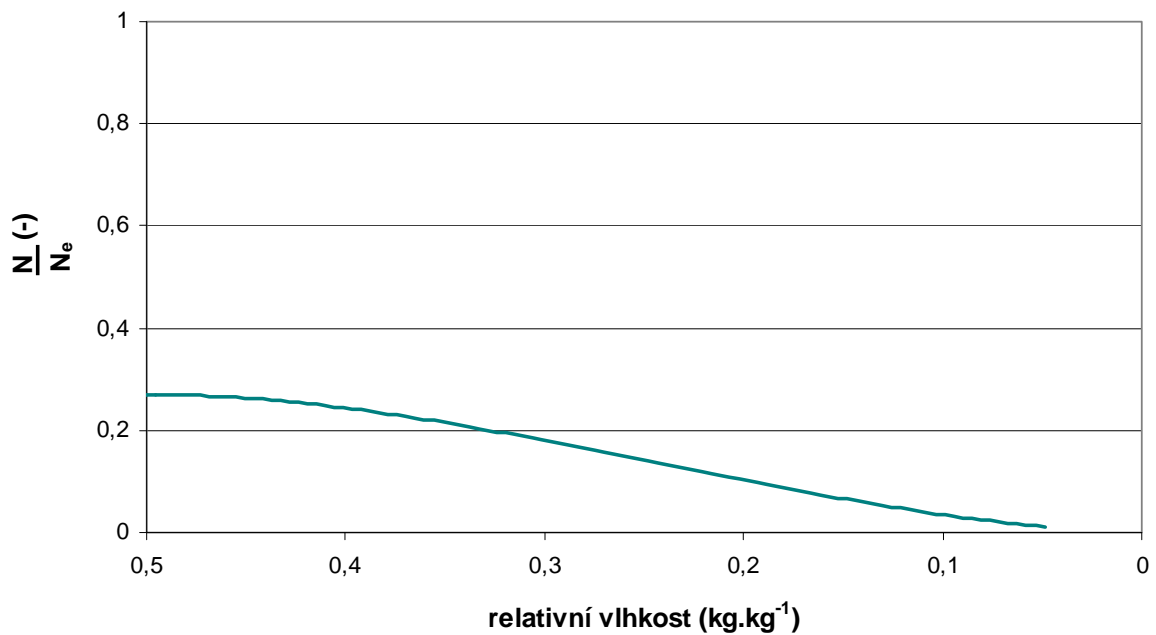
Z naměřených teplot v jednotlivých výškách vrstvy vyplývá, že v průběhu sušení probíhá odsoušení vrstev materiálu postupně s tím, že vyšší vrstvy jsou vystaveny vzduchu se zvýšenou vlhkostí v důsledku odparu vody v nižších vrstvách. Projevuje se to vyšší hodnotou “adiabatické” teploty odparu tj. teploty v úseku stálé rychlosti sušení, kdy teplo dodané vzduchem se zcela spotřebuje na odpar a k ohřevu materiálu v ten okamžik prakticky nedochází.

V nízkých vrstvách při laboratorním experimentu je zvyšování zmíněné “adiabatické” teploty odparu velmi malé, při skutečných výškách vrstvy bude výraznější (ve vysokých vrstvách např. v seníku nebo při profukování v síle může toto zvýšení teploty dosáhnout hodnot, při nichž dochází k “mikrobiologickému” vývinu tepla, jehož výsledkem může být i samovznícení materiálu.

Růsty teplot při dosoušení jednotlivých vrstev materiálu jsou pozvolné a odpovídají křivce sušení materiálu.



Obr. 4.3.4.: Bezrozměrná křivka sušení chrastice rákosovité – zimní sklizeň



Obr. 4.3.5.: Bezrozměrná křivka sušení chrastice rákosovité – letní sklizeň (červen – červenec)

Výsledků experimentů graficky znázorněných pomocí bezrozměrných křivek sušení na obrázcích *Obr. 4.3.4* a *Obr. 4.3.5* vyplývá, že syrová, v brzkém termínu sklízená biomasa na bázi stébelnatých materiálů vykazuje podobně jako syrová dřevní biomasa při sušení horší parametry. Hmota, která je sklížena v pozdějším termínu (nejdříve ve fázi zralých semen) vysychá rychleji a je tudíž méně náročná na spotřebu času a energie. Sušení později sklízené bylinné biomasy je efektivnější. Tato efektivnost je patrnější zejména v případě, kdy je

přírozně částečně proschlý materiál opět namočen (simulace navlhnutí vlivem deště, sněhu, mlhy atd.). Z křivky na obrázku 4.3.4. je patrné, že do dosažení původní hodnoty obsahu vody (v ideálním případě rovnovážného stavu) je rychlost sušení téměř čtyřnásobná oproti sušení materiálu z porostu sklízeného před dosažením fáze zralosti.

Ve spojitosti s ostatními výsledky, včetně tlakových ztrát a průtoků vrstvou, lze získat podklady pro modelování procesu sušení v nehybné profukované vrstvě materiálu.

Modelování procesu, zejména ve spojitosti s dříve stanovenými křivkami sušení umožňuje přesnější scale up tj, návrh pro skutečný případ – umožňuje rozhodnout o výhodnosti jednotlivých alternativ využití zbytkového tepla při dosoušení rostlinné biomasy.

4.4. A04/08 – Využívání odpadního tepla pro snižování vlhkosti surovin.

Náplní aktivity bylo sestavit výpočetní model, který lze použít jako podklad pro návrh provzdušňovacího zařízení, které využije zbytkové teplo produkované stacionárními a mobilními zdroji energie ke snižování vlhkosti surovin.

Při vlastním technickém řešení provzdušňovacího zařízení je základním předpokladem úspěchu vedle správného posouzení možností zdroje tepla a jeho transferu do sušicího média zejména správné určení tlakových ztrát v systému. Součástí řešení by měla být jejich optimalizace a volba vhodných technologických prvků tak, aby byl celý systém funkční, ale aby nedocházelo k jeho nadměrnému předimenzování a s tím spojenému prodražení.

Tlakové ztráty ve vzduchotechnickém okruhu lze rozdělit na ztráty na jednotlivých elementech. Tlaková ztráta na konkrétním prvku je určena:

$$\Delta p = \xi \cdot \left(\frac{\rho_v}{2}\right) \cdot w^2 \quad (\text{Pa}) \quad (4.4.1)$$

Kde: ξ je tvarový koeficient (-)

w je rychlost proudění ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

ρ_v je hustota vzduchu ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Rychlost proudění v daném elementu je určena objemovým průtokem V a plochou příčného řezu elementu S

$$w = \frac{V_v}{S} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (4.4.2)$$

Kde: V_v je objemový průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

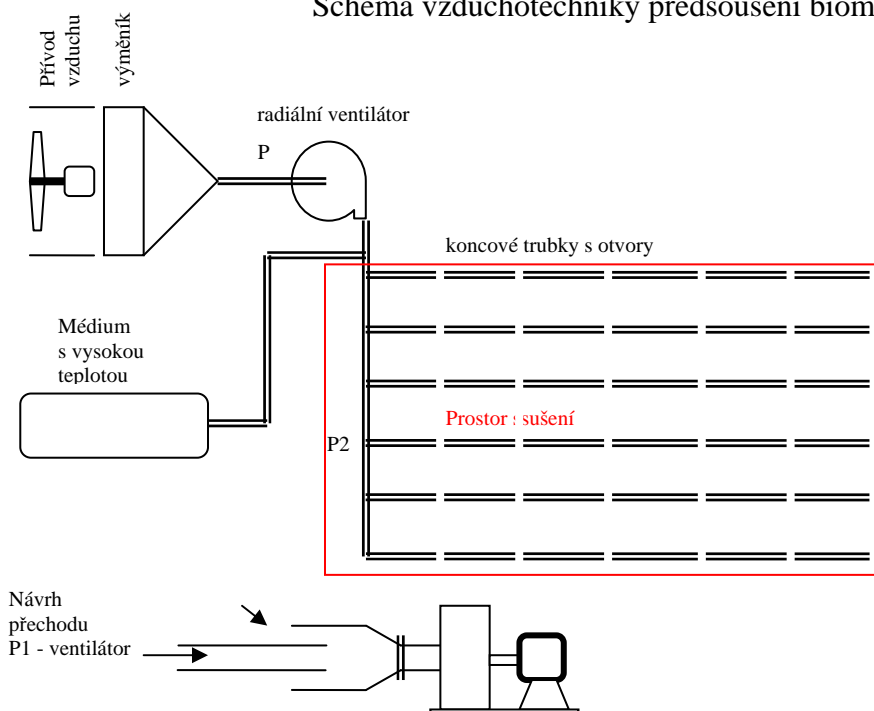
S je průřez (m^2)

Pro výpočet tlakové ztráty potom platí:

$$\Delta p = \xi \cdot \left(\frac{\rho_v}{2}\right) \cdot \left(\frac{V_v}{S}\right)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (4.4.3)$$

Pro zjednodušený vzduchotechnický návrh vestavby do prostoru je důležité řešení míst s nejmenší plochou příčného řezu. Tato místa jsou určující pro průtok vzduchu, případně rozložení průtoků v paralelně řazených prvcích.

Schéma vzduchotechniky předsoušení biomasy



Obr. 4.4.1.: Schéma modelového návrhu pro využití odpadního tepla

Pro většinu případů jsou to jednoznačně otvory v koncových kanálech (trubkách), které musí zajistit rovnoměrné rozložení sušícího vzduchu do sušené vrstvy materiálu. Částice materiálu bezprostředně přiléhající k těmto otvorům zakřivují proudočáry a tím zvyšují tvarový koeficient, případně i zmenšují plochu příčného řezu příslušného otvoru a tím i průtok otvorem. Tlakové ztráty ve vodorovných potrubích by měly být minoritní, aby se jejich funkce blížila tzv. rovnotlakému kanálu.

Pro předsoušení biomasy ve stavu partikulární látky se jako vhodné jeví schéma vzduchotechnického řešení vestavby uvedené na obrázku 4.4.1. Pro předpokládané provozní energetické parametry a skladované vrstvy jsou navrhovány vzduchotechnické parametry na základě konkrétního řešení. Ukázkový výpočetní model pro využití odpadního tepla spalovacího zařízení s využitím odpadního tepla z chladicího systému a spalin je uveden na obrázku 4.4.2.

výhřevnost paliva	51397 (kJ.kg ⁻¹)	podíl využití energie K _{ef}	0,35 (-)
		podíl energie ve spalinách K _{spal}	0,4 (-)
		podíl nevyužití energie (tepla) K _{odp}	0,18 (-)
		hustota vzduchu ρ _v	1,25 (kg.m ⁻³)
		měrné teplo cp	1,02 (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
		opravný koeficient	0,00015 (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻²)
		teplota okolí T _{atm}	10 (°C)
		převodní koeficient teplot	273,15 (K)

energetika motoru

		průměrně	maximum
spotřeba paliva	kg.h ⁻¹	15	50
příkon	kW	214	714
mech. výkon	kW	75	250
teplo ve spalinách	kW	86	286
odpadní energie	kW	39	128

parametry spalin a vzduchu

	teplota (°C)		objemová hmotnost (kg.m ⁻³)		objemový průtok (m ³ .s ⁻¹)	
	průměrně	maximum	průměrně	maximum	průměrně	maximum
spaliny	500	600	0,44	0,39	0,36	1,11
vzduch z výměníku	90	90	0,94	0,94	0,50	1,65

vzduchotechnické parametry rozvodu
základ tlakové ztráty (bez součinitele ks)

prvek	průřez S (m ²)	počet prvků (ks)	hustota	objemový	rychlost	základ	tlaková
			vzduchu ρ _v (kg.m ⁻³)	průtok V (m ³ .s ⁻¹)	proudění w (m.s ⁻¹)	tlakové ztráty* (Pa)	ztráta (Pa)
pravoúhlá odbočka	0,070	2	0,94	1,65	23,6	261,4	261,4
konfuzor	0,050	1	0,94	1,65	33,0	512,3	153,7
pravoúhlá odbočka	0,050	6	0,94	0,28	5,5	14,2	25,6
difuzor	0,004	40	0,94	0,04	10,3	50,0	1000,5
celkem							1441,2

* základ tlakové ztráty = $\left(\frac{\rho_v}{2}\right) \cdot w^2$

Orientační hodnoty tvarového součinitele

pravoúhlá odbočka	0,5 až 1
výtok otvor	0,5 až 1
difuzor do 25°	0,5
konfuzor do 40°	0,3
ohyb	0,2až0,5

Obr. 4.4.2.: Návrh modelu pro výpočet využití odpadního tepla

Při volbě ventilátoru je nutné správně navrhnout jeho konkrétní zapojení do vzduchotechnického okruhu. Axiální ventilátor vyhovuje lépe pro malé tlakové ztráty a přímý kanál, radiální ventilátor vyhovuje lépe pro větší tlakové ztráty a pravoúhlý zlom kanálu.

V modelovém případě (Obr. 4.4.1) je pro usměrnění proudu vzduchu navržen radiální ventilátor s tlakovou ztrátou 1,5 kPa. Modelový případ ilustruje situaci, kdy má zdroj odpadního tepla (nosné médium) příliš vysokou teplotu a hrozí riziko vznícení sušeného materiálu. Nosné médium, například spaliny nebo vzduch ohřátý na vysokou teplotu, je nutné „naředit“ chladnějším vzduchem a snížit tak celkovou teplotu sušícího média na bezpečnou hladinu. Přívod (spalin, horkého vzduchu) musí být situován tak, aby nezvyšoval teplotu ventilátoru a zajistil dostatečné promíchání před rozdělením do koncových trubek s otvory.

4.5. A05/08 – Pěstební a technologické pokusy na simulačních pozemcích

V roce 2008 byly realizovány ověřovací pokusy technologických postupů sklizně rostlinné biomasy na bázi bylin spojené s měřením energetických a exploatačních parametrů realizovaných technologických operací. Ověřovány byly technologické postupy sklizně porostu rotačním žací strojem, sušení sklizené hmoty na pozemku a lisování do válcových a hranolových balíků. Pokusy byly realizovány na pokusném porostu v Lukavci, který byl založen a pěstován v loňském roce. V tabulce T4.5.01 je přehled dosud realizovaných zásahů v porostu.

T4.5.01: Realizované zásahy v porostu chřastice rákosovité od jeho založení

Datum	operace	použitá mechanizace	doba trvání operace	spotřeba PHM (l)	poznámka
2006					
13.11.	střední orba do 20 cm	CASE JX 100U+Pottinger SERVO 35 NOVA	2 h	19	
2007					
14.3.	smykování	Z 6245 + nesený smyk s branami 3 m	45 min	4	
5.4.	setí chřastice, výsevek 23 kg.ha ⁻¹	kombinace AMAZONE (vibrační brány, kovový pčch,secí stroj s botkami,prut.zavlač	1,5 h	12	
24.4.	vzcházení				
22.5.	ošetření Granstar 75WG 20 gr.+ Dicopur 750 M 1 l+ 300 l vody	nesený postřikovač AGS 600 EN/12MRX	30 min.	3	
18.6.	sklizeň - panenská seč	ruční orientační sklizeň	1 h		
19.6.	mulčování porostu	Z 6245 + mulčovač Agrimaster RMU 200	2.5 h	12	
2.11.	sklizeň	ruční sklizeň			
5.11.	mulčování porostu	Z 6245 + mulčovač Agrimaster RMU 200	3.5 h	16	vlhký porost - obtížné mulčování
2008					
11.3.	Sečení chřastice	Z 5211+ rotační žací stroj se záběrem 160 cm	10 min.	0,75	*pouze část 130 m ²
11.3.	lisování	CLAS Markant 50	26 min.	0,6	
13.4.	převlácení porostu	Z 5211 + nesené středně těžké brány	1 h	3	
21.8.	sečení chřastice	Z 5211+ rotační žací stroj se záběrem 160 cm	1 h 15 min.	5,5	*pouze část 0,91 ha
22.8.	shrnutí	Z 5211 + shrnovač SB 36 - 21	31 min.	4,8	
24.8.	obracení	Z 5211 + shrnovač SB 36 - 21	20 min.	3,5	
26.8.	lisování	KRONE VARIO PACK Multi-cut 1500	30 min.	5,5	*pouze část 0,784 ha
26.8.	lisování	CLAS Markant 50	33 min	1	*pouze část 0,126 ha

Ověřovací pokusy sklizně byly realizovány v letní a zimní alternativě.

4.5.1 Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v letním období

V roce 2008 byla pokusně provedena sklizeň porostu energetických rostlin v letním období se sledováním exploatačních a energetických parametrů realizovaných pracovních operací.

Sklizeň byla realizována na části pokusného porostu chrastice rákosovité, jehož založení a pěstování je součástí řešení projektu. Sklizený porost se nachází v katastrálním území obce Lukavec v nadmořské výšce cca 620 m.n.m.. Porost byl sklizen ve druhém roce. V průběhu vegetace v roce 2008 nebyl porost ošetřen žádným mechanickým ani chemickým způsobem. Porost nebyl hnojen. Výnos porostu při obsahu sušiny 44,49 % byl 14,38 t.ha⁻¹. Obsah sklizené plochy byl 0,91 ha.



Obr.4.5.1.: Sklizený porost chrastice rákosovité.

Termín sklizně byl stanoven na období po hlavním náporu žňových prací. V tomto období má porost chrastice rákosovité vyšší obsah sušiny. Mechanizace a lidské zdroje v zemědělském podniku již zároveň nejsou plně fixovány na žňových pracích.

V momentě sklizně byl obsah sušiny v chrastici 44,5 %. Počasí v průběhu sklizně bylo deštivé. Sklizeň byla provedena rotačním žacím strojem ŽTR 165 v kombinaci s traktorem Zetor 5211.



Obr.4.5.2.: Sklizeň pomocí žacího stroje ŽTR 165 v kombinaci s traktorem Zetor 5211.

V tabulce T4.5.02 jsou uvedeny naměřené a vypočtené parametry. Pokos po sečení měřenou soupravou je zobrazen na obrázku 4.5.3.

T4.5.02: Naměřené a vypočtené parametry sklizně porostu žacím strojem ZTR 165 v kombinaci s traktorem Zetor Z5211

parametr	hodnota	jednotky
spotřeba paliva	5,5	l
doba trvání pracovní operace	1,25	h
hmotnost zpracované suroviny	13,09	t
plošná výkonnost	0,73	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost	10,47	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	4,4	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	0,420	l.t ⁻¹



Obr.4.5.3.: Pokosený porost

Pokosený porost byl ponechán v řádcích na pozemku. Po zavadnutí byly každé tři řádky shrnuty na jeden. Takto upravený pokos byl ponechán na pozemku k usušení. V průběhu sušení byly řádky v odpoledních hodinách obráceny za účelem načechrání a provzdušnění materiálu. Shrnování a obracení bylo realizováno shrnovačem Rozmital SB – 3621 v soupravě s traktorem Zetor 5211.

V tabulce T4.5.03 jsou uvedeny naměřené a vypočtené parametry shrnování a obracení.

T4.5.03: Naměřené a vypočtené parametry shrnování a obracení shrnovačem Rozmital SB – 3621 v soupravě s traktorem Zetor 5211

parametr	hodnota		jednotky
	shrnování	obracení	
spotřeba paliva	4,8	3,5	l
doba trvání pracovní operace:	0,52	0,3	h
hmotnost zpracované suroviny:	8,15	7,28	t
plošná výkonnost:	1,75	3,03	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost:	15,68	24,27	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	9,2	11,7	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	0,589	0,481	l.t ⁻¹



Obr.4.5.4.: Shrnování řádků



Obr.4.5.5.: Vysychání na pozemku.

Usušená chrastice (85 % sušiny) byla lisována do dvou forem balíků.

Část materiálu (917 kg) byla slisována do malých hranolových balíků pomocí lisu CLAAS Markant 50 v soupravě s traktorem Zetor 5211. Balíky jsou vhodné pro ruční manipulaci. Průměrná hmotnost balíku byla 14,8 kg. Rozměry nalisovaných balíků byly 47 x 37 x 64 cm.

V tabulce T4.5.04 jsou uvedeny naměřené a vypočtené parametry shrnování.

T4.5.04: Naměřené a vypočtené parametry lisování chrastice rákosovité lisem CLAAS Markant 50 v soupravě s traktorem Zetor 5211

parametr	hodnota	jednotky
spotřeba paliva	1,0	l
doba trvání pracovní operace:	0,53	h
hmotnost zpracované suroviny:	917	kg
plošná výkonnost:	0,24	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost:	1,73	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	1,9	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	1,90	l.t ⁻¹



Obr.4.5.6.: Lisování chrastice rákosovité do malých hranolových balíků



Obr.4.5.7.: Hranolové balíky na strništi.

Část materiálu (5 708 kg) byla slisována do válcových balíků pomocí svinovacího lisu KRONE Vario Pack multi-cut 1500 v soupravě s traktorem CASE JX 1100 U. Šířka balíků byla 1,25 m a průměr rovněž 1,25 m. Celkem bylo nalisováno 28 válcových balíků. Průměrná hmotnost balíku byla 204 kg.

T4.5.05: Naměřené a vypočtené parametry lisování chrastice rákosovité liseš KRONE Vario Pack multi-cut 1500 v soupravě s traktorem CASE JX 1100 U

parametr	hodnota	jednotky
spotřeba paliva	5,5	l
doba trvání pracovní operace:	0,5	h
hmotnost zpracované suroviny:	5 708	kg
plošná výkonnost:	1,57	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost:	11,42	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	11,0	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	0,964	l.t ⁻¹



Obr.4.5.8.: Svinovací lis KRONE Vario Pack multi-cut 1500 v soupravě s traktorem CASE JX 1100 U.



Obr.4.5.9.: Válcové balíky uložené na strništi.

Balíky byly baleny do sítě. Hotový balík byl po otevření lisovací komory vyložen na strniště. Slisované balíky byly následně dopraveny na okraj pozemku pomocí nosiče balíků integrovaným s traktorem Zetor 5211 pomocí třibodového závěsu.



Obr.4.5.10.: Přibližování balíku na kraj pozemku.

Balíky byly uskladněny na kraji pozemku v blízkosti komunikace. Důvodem byla dostupnost balíků v zimním období.



Obr.4.5.11.: Uskladnění balíků na kraji pozemku.

4.5.2 Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v zimním období

V roce 2008 byla uskutečněna rovněž sklizeň porostu energetických rostlin v zimním období se sledováním exploatačních a energetických parametrů testovaných pracovních operací.

Porost byl sklizen po prvním, tedy neprodukčním roce. V průběhu vegetace byl porost ošetřen mulčováním. Z těchto důvodů porost vykazoval nižší výnos $3,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sušiny. K účelům provedení pokusné sklizně byla vybrána část honu o výměře 130 m^2 , kde bylo dosaženo výnosu $5,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.



Obr.4.5.12.: Sklizený porost chrostice rákosovitě.

Termín sklizně byl stanoven podle stavu porostu. Hlavní podmínkou bylo splnění následujících podmínek:

- absence sněhové pokrývky
- obsah sušiny ve sklizených rostlinách vyšší než 82 % z důvodu bezpečného skladování sklizených produktů
- pozemek nesmí být podmáčený, aby byl zajištěn bezpečný pohyb techniky při sklizni bez rizika porušení porostu nebo uvíznutí stroje na pozemku

V momentě sklizně byl obsah sušiny v chrostici 85,1 %. Počasí v průběhu sklizně i v předchozích dnech bylo polojasné s ranními mrazíky bez sněhové pokrývky. To umožnilo vyschnutí pozemku na přijatelnou úroveň.

Sklizeň byla realizována rotačním žacím strojem ŽTR 165 v kombinaci s traktorem Zetor 5211. Parametry sklizně uvádí tabulka T4.5.06.

T4.5.06: Naměřené a vypočtené parametry zimní sklizně porostu žacím strojem ŽTR 165 v kombinaci s traktorem Zetor Z5211

parametr	hodnota	jednotky
spotřeba paliva	0,75	l
doba trvání pracovní operace:	10	min.
hmotnost zpracované suroviny:	93,75	kg
plošná výkonnost:	0,08	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost:	0,55	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	4,4	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	7,979	l.t ⁻¹



Obr.4.5.13: Sklizeň pomocí žacího stroje ŽTR165 v kombinaci s traktorem Zetor 5211.



Obr.4.5.14: Pokosený porost

Pokosený porost byl následně bez předchozího shrnutí lisován do malých hranolových balíků pomocí lisu CLAAS Markant 50 v kombinaci s traktorem Zetor 5211.

T4.5.07: Naměřené a vypočtené parametry lisování chrastice rákosovité lisem CLAAS Markant 50 v soupravě s traktorem Zetor 5211 v zimním období

parametr	hodnota	jednotky
spotřeba paliva	0,75	l
doba trvání pracovní operace:	26	min.
hmotnost zpracované suroviny:	93,7	kg
plošná výkonnost:	0,03	ha.h ⁻¹
průměrná výkonnost:	0,22	t.h ⁻¹
časová spotřeba paliva	1,4	l.h ⁻¹
měrná spotřeba paliva	6,383	l.t ⁻¹



Obr.4.5.15.: Lisování chrastice rákosovité do malých hranolových balíků

Na obrázcích 4.5.12 až 4.5.15 je dokumentován postup zimní sklizně chrastice rákosovité s využitím rotačního žacího stroje a lisu na hranolové balíky. Ze stanovených parametrů je zřejmé, že zimní sklizeň chrastice po prvním neprodukčním roce vykazuje vlivem nízkého výnosu vyšší měrnou spotřebovanou energii a nižší výkonnost než letní sklizeň porostu v produkčním roce. Efektivitu postupu je možné zvýšit vyšším výnosem porostu. Toho lze dosáhnout sklizní v produkčním roce a zintenzívněním pěstebního postupu porostu.

Žádný z ověřovaných postupů sklizně porostu energetických bylin nevykazoval technické nedostatky. Rozdíly ve sledovaných parametrech byly dány stavem porostu a typem použité techniky.

5. Komentář k řešitelskému týmu

Na řešení projektu se v roce 2008 účastnily všechny tři organizace, které jsou součástí projektového týmu. V řešitelském týmu nedošlo k žádným změnám.

6. Komentář k metodice a časovému postupu řešení

V roce 2008 nedošlo k žádným změnám oproti schválené metodice ani časovému postupu prací. Všechny plánované aktivity byly splněny.

Rozsah a náplň prací plánovaných na poslední rok řešení je popsán v periodické zprávě.

7. Komentář k dosaženým výsledkům

V roce 2008 bylo publikováno značné množství dílčích poznatků publikováno formou příspěvků v odborné literatuře, článků v recenzovaných periodikách, která jsou umístěna v seznamu vydaném Radou pro výzkum a vývoj a příležitostně ve sbornících vydaných u příležitosti konání odborných seminářů a konferencí. V rámci řešení projektu byla pořádána mezinárodní vědecká konference a byl přihlášen a úspěšně schválen užitný vzor. Dále byla vydaná odborná příručka a byla uplatněna jedna kapitola v knize.

Konkrétně jsou všechny dosud publikované výstupy uvedeny v neperiodické zprávě o jednotlivých výsledcích (příloha 4.2. periodické zprávy).

8. Závěrečné shrnutí

Rok 2008 byl třetím rokem řešení projektu. Práce na projektu měly charakter realizace a vyhodnocení experimentů, pokračování výzkumu potenciálních zdrojů surovin vhodných pro výrobu bioenergetických produktů v terénu. Dále byly v provozních podmínkách ověřeny navrhované postupy sklizně a stanoveny jejich exploatační a energetické parametry. Experimentální činnost byla realizována zejména v rámci plnění aktivit A02/08 a A03/08. Náplň aktivity A04/08 byla zaměřena na sestavení modelu pro navrhování systémů využívání odpadního tepla pro vysoušení rostlinné biomasy. Terénní měření, pokusy a stanovení parametrů technologických operací bylo realizováno v rámci aktivit A01/08 a A05/08.

Náplň aktivity A01/08 bylo shromažďování informací bylo prováděno měřeními v praktických provozních podmínkách.

Z výsledků vyplývá, že množství vyprodukovaného réví může kolísat mezi jednotlivými ročníky. Příčinou těchto rozdílů může být např. vliv klimatických činitelů tzn. průběh teplot, rozložení a množství dešťových srážek atd.

Výzkum množství a skladby biomasy v okolí železnice byl realizován na 45 km dlouhém úseku tratě č. 224. Sledovaný úsek 45 traťových kilometrů zahrnuje cca 36 ha pozemků. Při odečtu cca 15,5 ha vlastního traťového tělesa a zastavěné plochy zbývá přibližně 20 ha dalších pozemků. Tuto plochu je nutné udržovat vzhledem k zákonným povinnostem vlastníka a z hlediska zajištění bezpečnosti provozu.

Měrný náklad na pracovní hodinu traťového dělníka činí 365,- Kč.h⁻¹. Měrné náklady na mulčovač 1 986,- Kč.h⁻¹. Katastrální rozloha železniční sítě ČR tvoří 30 128 ha [35]. Z toho činí plocha pokrytá rostlinami cca 25 tisíc ha.

Stanovení parametrů získání zelené travní hmoty získané při údržbě silnic bylo provedeno na středisku správy a údržby dálnic 02 Bernartice.

Ke sklizni a následnému odvozu materiálu slouží souprava Unimog U400 s čelním mulčovacím adaptérem a cepovou sekačkou v zadní části vozu. Záběr mulčovače a sekačky 1,2 m (celkem tedy v ideálním případě 2,4 m). Za směnu sklídí úsek cca 7 – 8 km, tj. 1,6 - 1,9 ha.

Výhodou při získávání hmoty v okolí silnic je oproti železnicím fakt, že dopravní trasa není operací blokována, provoz je pouze omezen. Při dodržení zásad bezpečnosti silničního provozu a bezpečnosti práce, lze sklizeň realizovat v normálních provozních podmínkách.

Na frekventovaných tazích je vhodné zvolit pro operaci termín s nižší hustotou silničního provozu. Na méně frekventovaných úsecích lze sklizeň provádět z časového hlediska téměř bez omezení a termín lze operativně přizpůsobit vytíženosti pracovních sil. K výsadbě a obnově stromořadí dochází z praktických, krajinných a urbanistických důvodů stále.

Odpadní dřevní hmota pocházející z komunální sféry je tvořena zpravidla mladými výhony či větvemi různé tloušťky, včetně kosterních větví, kmenů a pařezů ošetřovaných či likvidovaných dřevin. Výsledný charakter takto získané dřevní hmoty přímo souvisí s termínem provedení zásahu (období vegetace, vegetačního klidu – souvisí zejména s vlhkostí dřeva), stářím dřevin (velikost odstraňovaných částí – průměr a délka větví atd.) a jejich druhovými vlastnostmi (objemová hmotnost, tvrdost dřeva).

Důležitým úkolem bylo stanovit vliv obsahu vody, druhu dřeviny a vlastností desintegrace na parametry procesu z hlediska technologického postupu produkce BEP a vlastností výstupních surovin. Všechny parametry byly vzájemně porovnány. Cílem bylo statistické vyhodnocení vlivu obsahu veškeré vody na parametry desintegrace a potvrzení, případně vyvrácení teoretických předpokladů získaných laboratorním měřením.

Prostřednictvím měření v laboratorních i provozních podmínkách byla potvrzena hypotéza, že obsah veškeré vody (rozdíl mezi čerstvou a zaschlou rostlinnou biomasou) má vliv na parametry desintegrace. Vliv na střední délku částic byl prokázán ve všech sledovaných vzorků materiálu. Vliv na energetickou náročnost byl potvrzen ve všech případech s výjimkou réví. Vliv na výkonnost byl potvrzen u jabloně a čerstvé meruňky. Měření potvrdilo teoretický předpoklad nižší energetické náročnosti štěpkování čerstvé dřevní hmoty v porovnání se zaschlou či přímo suchou dřevní hmotou.

Náplní aktivity A03/08 bylo stanovit experimentálně v laboratorních podmínkách parametry sušení stébelnatého materiálu profukováním vrstvy předehřátým vzduchem.

Pro účely měření bylo použito zařízení na sledování procesu sušení materiálu, v nehybné profukované vrstvě. Sestává z otevřeného boxu předěleného vodorovně distributorem vzduchu - roštem na dvě části.

V průběhu experimentů byla čidla v komoře uložena ve 4 vrstvách vysokých 10 cm. Z naměřených teplot v jednotlivých výškách vrstvy vyplývá, že odsoušení vrstev materiálu probíhá postupně s tím, že vyšší vrstvy jsou nastaveny vzduchu se zvýšenou vlhkostí v důsledku odparu vody v nižších vrstvách. Projevuje se to vyšší hodnotou "adiabatické" teploty odparu tj. teploty v úseku stálé rychlosti sušení, kdy teplo dodané vzduchem se zcela spotřebuje na odpar a k ohřevu materiálu v ten okamžik prakticky nedochází.

Růsty teplot při dosoušení jednotlivých vrstev materiálu jsou pozvolné a odpovídají křivce sušení materiálu. Z výsledků experimentů vyplývá, že syrová, v brzkém termínu sklizená biomasa na bázi stébelnatých materiálů vykazuje podobně jako syrová dřevní biomasa z hlediska sušení horší parametry. Hmota, která je sklizena v pozdějším termínu (nejdříve ve fázi zralých semen) vysychá rychleji a je tudíž méně náročná na spotřebu času a energie. Sušení později sklizené bylinné biomasy je efektivnější. Tato efektivnost je patrnější zejména v případě, kdy je přirozeně částečně proschlý materiál opět namočen (simulace navlhnutí porostu vlivem deště, sněhu, mlhy atd.).

Při návrhu technického řešení provzdušňovacího zařízení (A04/08) je základním předpokladem úspěchu vedle správného posouzení možností zdroje tepla a jeho transferu do sušicího média, zejména správné určení tlakových ztrát v systému. Součástí řešení by měla být jejich optimalizace a volba vhodných technologických prvků tak, aby byl celý systém funkční, ale aby nedocházelo k jeho nadměrnému předimenzování a s tím spojenému prodražení.

Při řešení návrhu ventilátorů je nutné správně navrhnout jeho konkrétní zapojení do vzduchotechnického okruhu. Axiální ventilátor vyhovuje lépe pro malé tlakové ztráty a přímý kanál, radiální ventilátor vyhovuje lépe pro větší tlakové ztráty a pravoúhlý zlom kanálu.

Pro většinu případů jsou hlavním zdrojem tlakové ztráty systému jednoznačně otvory v koncových kanálech (trubkách), které musí zajistit rovnoměrné rozložení sušicího vzduchu do sušené vrstvy materiálu. Částice materiálu bezprostředně přiléhající k těmto otvorům zakřivují proudočáry a tím zvyšují tvarový koeficient, případně i zmenšují plochu příčného řezu příslušného otvoru a tím i průtok otvorem. Tlakové ztráty ve vodorovných potrubích by měly být minoritní, aby se jejich funkce blížila tzv. rovnotlakému kanálu.

V rámci řešení projektu byly dále realizovány ověřovací pokusy technologických postupů sklizně rostlinné biomasy na bázi bylin (A05/08) spojené s měřením energetických a exploatačních parametrů realizovaných technologických operací. Ověřovány byly technologické postupy sklizně porostu rotačním žacím strojem, sušení sklizené hmoty

na pozemku a lisování do válcových a hranolových balíků. Ověřovací pokusy sklizně byly realizovány v letní a zimní alternativě.

Ze stanovených parametrů je zřejmé, že zimní sklizeň chřastice po prvním neprodukčním roce vykazuje vlivem nízkého výnosu vyšší měrnou spotřebovanou energii a nižší výkonnost než letní sklizeň porostu v produkčním roce. Efektivitu postupu je možné zvýšit vyšším výnosem porostu. Toho lze dosáhnout sklizní v produkčním roce a zintenzívněním pěstebního postupu porostu.

Žádný z ověřovaných postupů sklizně porostu energetických bylin nevykazoval technické nedostatky. Rozdíly ve sledovaných parametrech byly dány stavem porostu a typem použité techniky.

V roce 2008 byly realizovány všechny plánované aktivity v plném rozsahu v souladu se chválenou metodikou.

9. Seznam použité literatury

1. AVALLONE, E.A. – BAUMEISTER, T. (ed): Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers. McGRAW-HILL, New York, 1996.
2. DINKELBACH, L. (ed.): Standardisation of Solid Biofuels in the Netherlands. Contribution to the project FAIR4-CT97-3952 "Standardisation of Solid Biofuels in Europe". Report EWAB-9923, Petten, 1999.
3. FIALA, J., JELÍNEK, A.: Agrofyzikální vlastnosti statkových krmiv, Zpráva č. Z949 VÚZT, Praha, 1972
4. GROS, I.: Logistika, VŠCHT, Praha, 1993, 147 s.
5. HINGE, J. – NIELSEN, K.V.: Logistic for harvest, transportation and storage of willow (salix). Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark 24-27 June 1996, s. 121.
6. KÁRA, J., SOUČEK, J., ADAMOVSÝ, R., Šleger, J.: *Logistika bioenergetických surovin : závěrečná zpráva za rok 2004 o průběhu prací na projektu QF4079*. Praha : VÚZT, Z-2437, 2005
7. KÁRA, J., SOUČEK, J., ADAMOVSÝ, R.: *Logistika bioenergetických surovin : závěrečná zpráva za rok 2005 o průběhu prací na projektu QF4079*. Praha : VÚZT, Z-2456, 2006
8. KÁRA, J., SOUČEK, J., BARTOLOMĚJEV, A., POLÁK, M.: *Logistika bioenergetických surovin : závěrečná zpráva za rok 2006 o průběhu prací na projektu QF4079*. Praha : VÚZT, Z-2456, 2006
9. Kafka, E.: Dřevařská příručka, SNTL, Praha, 1989
10. Kolektiv autorů: Zpráva o stavu zemědělství za rok 2004, MZe, 2005
11. KURJATKO, S.: Dřevo - struktúra a vlastnosti : [zborník] - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2001. - ISBN 80-228-1094-0. - S. 5-8.
12. MATTSSON, J.E: Tendency to bridge over openings for chopped Phalaris and straw of Triticum mixed in different proportions with wood chips. Biomass and Bioenergy, vol. 12, 1997, p. 199–210.
13. MATTSSON, J.E – KOFMAN, P.D.: Method and apparatus for measuring the tendency of solid biofuels to bridge over openings. Biomass and Bioenergy, vol. 22, 2002, p. 179–185.
14. MATTSSON, J.E – KOFMAN, P.D.: Influence of particle size and moisture content on tendency to bridge in biofuels made from willow shoots. Biomass and Bioenergy, vol. 24, 2003, p. 429–435.
15. OSWALD, J.: Niektoré fyzikálne vlastnosti sypkých drevných materiálov (KDP). VŠLD vo Zvolene, Zvolen, 1970.
16. OWENS, G. (ed.): Cereals processing technology. Woodhead Publishing, Cambridge, 2001.
17. PAULRUD, S.: Upgraded Biofuels - Effects of Quality on Processing, Handling Characteristics, Combustion and Ash melting. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, 2004.
18. PAULRUD, S. – NILSSON, C.: Briquetting and combustion of spring-harvested reed canary-grass: effect of fuel composition. Biomass and Bioenergy, vol. 20, 2001, p. 25–35.
19. PERRY, R.H. – GREEN, D.W. (ed.): Perry's Chemical Engineers' Handbook. McGRAW-HILL, New York, 1997.
20. SOUČEK, J.: Biopaliva z komunálních odpadů na bázi biomasy, *Mechanizace zemědělství*, 05/2005, str. 56 – 58, ISSN: 0373-6776
21. SOUČEK, J.: Zhodnocení a optimalizace technologických postupů sklizně a prvotních úprav zemědělských produktů vhodných pro energetickoprůmyslové využití, *Disertační práce*, 249 str., ČZU, Praha, 2005
22. SOUČEK, J., Burg, P., Kroulík, M.: *Konkurenceschopnost bioenergetických produktů : redakčně upravená zpráva za rok 2006 o průběhu prací na projektu QG60083*. Praha : VÚZT, Z-2470, 2007
23. SÚS, J., PRSKAVEC, K.: Vliv řezu na produktivitu jabloní tvarovaných jako štíhlé větveno v období narůstajících výnosů. *Zahradnictví*, vol. 18, 1991, p. 161 - 178.
24. SYROVÝ, O.: Racionalizace manipulace s materiálem v zemědělství, SZN, Praha, 1983
25. VEGER, J. HAVLÍČKOVÁ, K., A KOL: Metodika analýzy potenciálu biomasy jako obnovitelného zdroje energie, Acta Průhoniana, 83, Praha, 2006
26. WALAS, S.M.: Chemical Process Equipment. Butterworth-Heinemann, Boston, 1990.
27. WASHBURN, E.W. (ed.): International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology. Knovel, New York, 2003.

28. WHITE, N.D.G. – JAYAS, D.S.: Physical properties of canola and sunflower meal pellets. Canadian Biosystems Engineering, vol. 43, 2001, p. 3.49 – 3.52.
29. <http://compost.css.cornell.edu/feas.study.tab6.html>
30. www.asft.ttu.edu/ansc5001/TTVNCOURSE-lecture3.doc
31. www.dti.gov.uk/energy/renewables/publications/pdfs/biovol5.pdf
32. <http://www.energ.cz/index.phtml?polozka=13>
33. www.powderandbulk.com/resources/bulk_density/material_bulk_density_chart_a.htm
34. www.vts.nu/pdf/sl_u_burner_150kw.pdf
35. <http://vlak.wz.cz/zelservc.html>
36. <http://www.rsd.cz/index.phtml>

4.3. A03/08 – STANOVENÍ PARAMETRŮ NÍZKOENERGETICKÉHO SUŠENÍ STÉBELNIN.	30
4.4. A04/08 – VYUŽÍVÁNÍ ODPADNÍHO TEPLA PRO SNIŽOVÁNÍ VLHKOSTI SUROVIN.	36
4.5. A05/08 – PĚSTEBNÍ A TECHNOLOGICKÉ POKUSY NA SIMULAČNÍCH POZEMCÍCH	39
4.5.1 <i>Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v letním období</i>	40
4.5.2 <i>Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v zimním období</i>	46
5. KOMENTÁŘ K ŘEŠITELSKÉMU TÝMU	48
6. KOMENTÁŘ K METODICE A ČASOVÉMU POSTUPU ŘEŠENÍ	48
7. KOMENTÁŘ K DOSAŽENÝM VÝSLEDKŮM	48
8. ZÁVĚREČNÉ SHRNTÍ	49
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52