Trávy jako obnovitelné zdroje energie se zřetelem na spalování

Datum: 18.8.2014 | Autor: Ing. Jan Frydrych, Ing. Pavla Volková, OSEVA vývoj a výzkum s. r. o., Ing. David Andert, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i, kolektiv | Recenzent: Ing. Vladimír Stupavský

Úvod

Pod pojem biomasa z rostlin můžeme zařadit slámu obilovin, řepkovou slámu, energetické dřeviny a energetické byliny. Byliny pro energetické využití jsou jednoleté a víceleté. Mezi víceleté energetické rostliny můžeme zařadit energetické trávy. Výzkumem a využitím energetických trav se zabývala OSEVA PRO s.r.o. Výzkumná stanice travinářská Rožnov-Zubří ve spolupráci s Výzkumným ústavem zemědělské techniky Praha a Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou v Ostravě. Výzkum probíhal ve dvou etapách se zaměřením na stanovení nejvhodnějších druhů trav pro energetické účely, optimálního termínu sklizně trav pro energetické účely a využitím trav pro spalování.

Materiál a metoda

Výzkum energetických trav sestával ze dvou etap. V první části výzkumu (1997–2000) byly ze skupiny vybraných druhů trav ověřeny a zjištěny trávy nejvhodnější pro energetické účely z hlediska výnosu zelené hmoty, suché hmoty a sušiny, spalného tepla a výhřevnosti. V první etapě byly do výzkumu zařazeny travní druhy uvedené v tabulce č. 1. Bylo provedeno hodnocení ladem ležící půdy (spontánních úhorů), dříve intenzivně obhospodařované zemědělské půdy z hlediska botanického, krajinářského a ekonomického. Ze všech zkoumaných druhů byly stanoveny 2–3 druhy trav vhodné pro energetické využití. Ve druhé etapě výzkumu (2005–2007) byly ověřeny výnosové parametry (výnos zelené hmoty, suché hmoty, sušiny a její obsah) u vybraných travních druhů a lučních směsí zařazených do výzkumu v období jednoho až dvou měsíců před sklizňovou zralostí trav na semeno a v termínu do dvou měsíců po sklizňové zralosti trav na semeno s cílem stanovit nejvhodnější termín pro sklizeň energetických trav a travní druh s nejvyšším výnosem sušiny. Do výzkumu druhé etapy energetických trav byl zařazen psineček veliký Rožnovský, kostřava rákosovitá Kora, ovsík vyvýšený Rožnovský, lesknice rákosovitá Palaton, Chrifton a Chrastava (odrůda OSEVY PRO s.r.o., Výzkumné stanice travinářské Rožnov-Zubří), sveřep horský Tacit a luční směs do vlhkých a do suchých podmínek.

Tab. 1: Výsledky stanovení spalného tepla a výhřevnosti ve 100% sušině. (průměr za 3 užitkové roky) u trav zařazených v prvé etapě výzkumu

Tráva	Spalné teplo [kJ.kg^{-1}]	Výhřevnost [kJ.kg^{-1}]		
		průměr	max.	min.
Kostřava rákosovitá	18 849	18 245	18 554	17 984
Psineček veliký	19 270	18 661	18 825	18 432
Kostřavice bezbranná	18 577	17 968	18 205	17 654
Ovsík vyvýšený	17 596	16 987	17 356	16 354
Lesknice rákosovitá	18 120	17 504	17 905	17 085
Lesknice kanárská	17 979	17 361	18 005	17 065
Ozdobnice čínská */Misc/*	19 669	19 066	19 186	18 830
Proso seté	19 321	18 716	19 078	18 510
Rákos obecný	18 469	17 852	18 154	17 542
Bezkolenec rákosovitý	18 233	17 625	17 890	17 357
Třtina křovištní	18 895	18 281	18 745	17 958
Sveřep vzpřímený	18 516	17 890	18 056	17 468

Pro výnosové účely byly založeny polní pokusy v obou etapách výzkumu energetických trav s jednotlivými travními druhy o velikosti parcel 10 m^2 s úrovní výživy dusíkem bez hnojení a s minimální dávkou dusíku 50 kg na hektar. Současně v druhé etapě výzkumu energetických trav proběhlo ověřování spalování travní biomasy v technických zařízeních v malých (tepelný výkon do 50 kW) i velkých kotlích (500 kW až 2 MGW tepelného výkonu). Cílem této části výzkumu bylo zjistit nejvhodnější energetické zařízení (kotel), ve kterém lze spalovat travní biomasu.

V průběhu řešení výzkumného projektu druhé etapy výzkumu probíhaly zkoušky spalování travní biomasy v malých (tepelný výkon do 50 kW) i velkých kotlích (500 kW až 2 MGW tepelného výkonu). Pro zkoušky v malých kotlích byla travní biomasa peletována. Na základě provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování sena trav předně v kotlích určených pro spalování slámy. Jde o velké kotle Verner Golem s výkonem nad 900 kW. Dále byl úspěšně odzkoušen v roce 2007 kotel LIN-KA dánské firmy Danstoker o výkonu 190 kW. Spalování lučního sena bylo odzkoušeno v roce 2009 i na kotli STEP Trutnov o tepelném výkonu 700 kW. Literatura uvádí, že lesknice rákosovitá se na velkých plochách pěstuje ve Švédsku na půdě vyčleněné z výroby potravin a v suchém stavu ve formě obřích, většinou válcových balíků, se spaluje na švédských farmách ve speciálních kotlích.

Výsledky spalování lučního sena na kotli STEP Trutnov v roce 2009

Emise CO se při spalování lučního sena pohybovaly kolem 550 mg.m^{-3}N při 11 % O_2 ve spalinách. Z hlediska spalování je travina lučního sena pro kotle tohoto typu vhodným palivem. Emise NO_x byly 383 mg.m^{-3}N při 11 % O_2 ve spalinách. Tato hodnota je opět příznivě nízká a svědčí o seřízeném spalovacím procesu s nízkým přebytkem vzduchu. Pro porovnání emisí byly uvažovány pouze časy provozu kotle. V útlumovém režimu je odstaven spalinový ventilátor a průtok spalin do komína přes zavřenou klapku je minimální. Obsah spalitelných látek v popelu byl 11 %, což je nízká hodnota. Při spalování sena byl v popelu patrný výrazný podíl spečenců popela. Nálepy na stěnách kotle se neprojevovaly.

Dle současné platné legislativy (nařízení vlády č. 146/2007) jsou emisní limity spalovacích zařízení o výkonu 0,2 až 5 MW spalující dřevo a biomasu, přepočítané na 11 % O_2: CO – 650 mg.m^{-3}N; NO_X – 650 mg.m^{-3}N; tuhé znečišťující látky – 250 mg.m^{-3}N.

Tab. 2: Výsledky rozborů sena

Psineček	Vzorek v původním stavu	Vzorek bezvodý	Hořlavina
Voda celková [%]	9,91		
Popel [%]	4,9	5,3	
Hořlavina [%]	89,20	96,90	100,00
Spalné teplo [kJ/kg]	18 035	19 425	19 850
Výhřevnost [kJ/kg]	15 880	18 190	18 645
Vodík [%]	6,08	6,54	6,67
Uhlík [%]	39,64	43,73	45,56
Dusík [%]	0,36	0,38	0,39
Kyslík [%]	42,18	46,48	47,36
Síra [%]	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Briketování trav

Návrh složení a výroba zkušebních briket

Při spalování sena trav je častým problémem nízká teplota tavení popela, nejspíše zapříčiněná vysokým obsahem SiO_2 a poměrem dalších relevantních oxidů. Byly provedeny analýzy obsahu oxidů vhodných surovin pro výrobu biopaliv, respektive výběr vhodného aditiva pro směsná fytopaliva na bázi trav. Podle teoretických poznatků jsou pro chování popela rozhodující poměry obsahu oxidů hliníku, křemíku, sodíku, draslíku, manganu a vápníku. Hlavní prvky působící, dá se říci proti sobě, jsou vápník a křemík. S ohledem na rozšiřování skartačních center jsme provedli letos prvkové rozbory a analýzu oxidů u skartačního papíru. Zde je zajímavý vysoký podíl CaO a nižší podíl SiO_2 a K_2O.

Na základě disponibilní bilance a rozborů fytomasy uvažované pro výrobu směsného paliva byly určeny další vhodné směsi k odzkoušení. Jedná se o:

- luční seno 90 % + skartační papír 10 %
- luční seno 80 % + skartační papír 20 %
- luční seno 70 % + skartační papír 30 %
- luční seno 50 % + skartační papír 50 %

Pro zkoušky a výrobu briket jsme navrhli a vyrobili směsi luční seno – skartační papír s podílem papíru 10 %, 20 %, 30 % a 50 %.

Tab. 3: Složení výsledné směsi 90 % luční seno – 10 % papír

Al_2O_3	5,11	Na_2O	0,48	MgO	2,45
SiO_2	61,53	K_2O	11,79	CaO	10,88

Tab. 4: Složení výsledné směsi 80 % luční seno – 20 % papír

Al_2O_3	8,78	Na_2O	0,63	MgO	2,56
SiO_2	54,05	K_2O	9,32	CaO	17,85

Tab. 5: Složení výsledné směsi 70 % luční seno – 30 % papír

Al_2O_3	11,69	Na_2O	0,75	MgO	2,65
SiO_2	48,12	K_2O	7,36	CaO	23,38

Tab. 6: Složení výsledné směsi 60 % luční seno – 40 % papír

Al_2O_3	14,06	Na_2O	0,84	MgO	2,71
SiO_2	43,31	K_2O	5,77	CaO	27,88

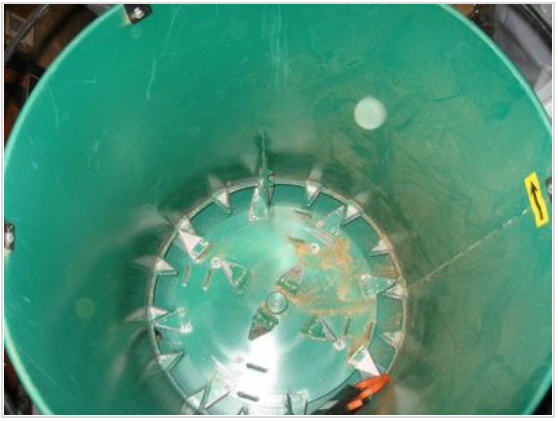
Tab. 7: Složení výsledné směsi 50 % luční seno – 50 % papír

Al_2O_3	16,02	Na_2O	0,92	MgO	2,77
SiO_2	39,31	K_2O	4,45	CaO	31,60

Výrobní postup briket byl následující. Veškeré komponenty byly zpracovány na řezačce s odebranými síty. Skartační papír je nařezán na rozměr 5 × 15 mm. Následně byla provedena homogenizace směsi a samotné lisování briket. Brikety byly vyráběny na laboratorní peletovací lince, kde je základem peletovací lis firmy Briklis. Průměr briket byl zvolen 55 mm.

Tab. 8: Mechanické vlastnosti směsných briket

	Měrná hmotnost [kg.m^{-3}]	Teplota měknutí	Teplota tečení
luční seno 90 % + řezaný papír 10 %	1135	830	1075
luční seno 80 % + řezaný papír 20 %	1075	895	1035
luční seno 70 % + řezaný papír 30 %	1055	955	1040
luční seno 50 % + řezaný papír 50 %	1044	885	1028



Obr. 1: Řezací šrotovník RS 650

Obr. 2: Briketovací lis

Obr. 3: Směsné brikety luční seno papír 80 % / 20 %

Obr. 4: Směsné brikety luční seno papír 70 % / 30 %

Spalovací zkoušky

S vyrobenými vzorky byly provedeny spalné zkoušky na spalovacích akumulačních kamnech SK-2 RETAP 8 kW. Testované topeniště je určeno ke spalování dřevní biomasy. Spalovací zkoušky proběhly se standardním palivem – dřevní brikety a následně se zkušebními briketami. Pro analýzu spalin byl použit analyzátor Testo 350, který umožňuje kontinuální měření O_2, CO, NO_x, SO_2, HCl.

V následujících tabulkách jsou průměrné, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky všech měřených veličin. Jednotlivé symboly v tabulkách značí:

CO: koncentrace CO [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]

NO_x: koncentrace NO_x jako NO_2 [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]

O_2: koncentrace O_2 [% obj.]

Obr. 5: Pohled na spalovací akumulační kamna SK-2 RETAP 8 kW při měření

Tab. 9: Výsledky měření na topeništi Retap – luční seno 80 % + papír 20 %

	O_2 [%]	CO [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]	NO_x [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]
Stř. hodnota	14,08	439	454
Směr. odchylka	1,123	303,4	58,8
Rozptyl výběru	1,26	92100	3459
Minimum	10,1	107	309
Maximum	17	1020	547

Tab. 10: Výsledky měření na topeništi Retap – luční seno 70 % + papír 30 %

	O_2 [%]	CO [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]	NO_x [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]
Stř. hodnota	13,93	479	367
Směr. odchylka	1,438	361,7	78,5
Rozptyl výběru	2,07	130834	6166
Minimum	7,6	140	110
Maximum	18,2	2430	595

Tab. 11: Výsledky měření na topeništi Retap – dřevní brikety

	O_2 [%]	CO [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]	NO_x [mg.Nm^{-3}, 11 % O_{2ref}]
Stř. hodnota	12,92	481	46
Směr. odchylka	1,348	341,6	7,5
Rozptyl výběru	2,10	90354	4246
Minimum	9,6	160	10
Maximum	18,2	2430	295

Závěr spalovacích zkoušek

Srovnávacím etalonem bylo spalování čisté dřevní hmoty v podobě dřevních briket. Výhřevnost dřevní hmoty je cca 19 MJ.kg^{-1}. Výhřevnost sena je kolem 16,8 MJ.kg^{-1}. Výhřevnost ostatních materiálů se pohybuje kolem 15 MJ.kg^{-1}. Tyto rozdíly nejsou z hlediska energetického významné. Obsah vody je podle očekávání u všech paliv poměrně nízký a vyrovnaný (kolem 11 %).

Pro spalovací proces jsou podstatné popeloviny a jejich fyzikálně–chemické vlastnosti po spálení. Typ a charakter popela po spálení v podstatě u všech typů paliv a způsobu spalování ovlivňuje konstrukci ohniště. Kamna jsou určena pro spalování dřevní hmoty s obsahem popela kolem 1 % (v suchém stavu). Slamnaté brikety však mají od 6 % (luční seno) až po 13 % (40 % papíru).

Použití skartačního papíru se projevuje zvýšením teploty tavení popela a zároveň i určitým zhoršení emisních parametrů oproti dřevu. Jako optimální dávka se tak jeví cca 20 až 30 % přídavek papíru k lučnímu senu.

Závěr

Alternativou pro hospodaření na půdě v horských a podhorských oblastech je cílené pěstování a využití trav pro energetické účely. Na základě výnosových výsledků sklizně zejména u většiny travních druhů v České republice vhodných pro energetické účely lze doporučit sklizeň trav pro energii (zejména pro travní hmotu využitou pro spalování) v období sklizně trav na semeno a maximálně do jednoho měsíce po této sklizňové zralosti. Na základě výsledků provedených spalných zkoušek ve velkých kotlích je možné doporučit spalování travičkového sena předně v kotlích určených pro spalování obilní slámy. Na tuto výzkumnou práci navazuje projekt „Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny“, který se zaměří zejména na využití trav pro produkci bioplynu a kompostování.

Literatura

- Andert, D., Frydrych, J., Juchelková, D., Gerndtová, I.: Energetické využití trav a travních směsí. In Příručka pro pěstování, spalování a využití trav při výrobě bioplynu. Vydavatel Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha 2007. ISBN: 978-80-86884-35-6, 2007: 110 s.
- Sladký, V.: Příprava paliva z biomasy. Stud. Inform., Ř. Zeměd´. Techn. A Stavby, 1995, č. 3 50 s. – 8 tab., 24 obr., lit. 38, res.angl.

Autor fotografií: Ing. David Andert, CSc.

Poděkování

Publikace je realizována na základě podpory projektu NAZV ČR. Č. QI101C246 „Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny“.

Autoři

Aktuální články na ESTAV.cz

Ing
OS

Ing
Vý

Ministerstvo dopravy schválilo stavbu obchvatu Znojma

Pasivní domy 2015 – speciál zdarma

Ergonomie, věda o rozměrech a poměrech - teorie zlatého řezu

Prof. Ing. Dagmar Juchelková, PhD. (dagmar.juchelkova@vsb.cz), Prof. Ing. Helena Raclavská, CSc. (helena.raclavska@seznam.cz), Ing. Ondřej Zajonc, PhD.
Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

English Synopsis

Grass as renewable energy source focusing on the combustion

The concept of biomass plants can include cereal straw, rape straw, wood energy and energy crops. Herbs for energy use are annual and perennial. Among the perennial energy crops can include energy grass. Research and use of energy grasses are explored in this article. The research was conducted in two phases with a focus on identifying the most appropriate grass species for energy purposes, the optimal harvest time of grasses for energy production and utilization of grass for combustion.