



STANOVENIE TEPLoty VZNIETENIA SENA PRE ÚČELY POSUDZOVANIA RIZÍK V STREDNÝCH A MALÝCH POĽNOHOSPODÁRSKYCH PODNIKoch

DETERMINATION OF HAY'S TEMPERATURE IGNITION FOR RISK ASSESSMENT IN AGRICULTURAL HOLDINGS SMES

Iveta Marková, Zuzana Giertlová, Marek Hutár

ABSTRACT: Hot surfaces are an integral part of the technological processes of agricultural crop processing. Hot surfaces' temperature, at critical points, may exceed their minimum ignition temperature. The article aims to experimentally monitor the behaviour of hay in the event of its exposure to radiant heat. The mentioned model is implemented using a hot-plate device. The hot plate has a defined temperature-time curve. Based on the temperature-time curve, the hot surface's temperature is determined as the minimum ignition temperature of the examined hay sample. At the same time, the temperatures inside the tested material were monitored. The heterogeneity of these samples significantly affected the nature of thermal degradation of biomass samples. The hay ignition temperature (406 ° C) can serve as a tool to assess the risk of fire.

KEYWORDS: fire, experiment, methodology, agriculture

ÚVOD

Poľnohospodárstvo prešlo výraznou zmenou organizácie práce. V súčasnosti predstavuje produkcia v poľnohospodárstve formu stredných a malých podnikov (SBA, 2020). Súce produkcia a chov poľnohospodárskych zvierat sa znižuje (tabuľka 1) ale riziko vzniku požiaru ostáva (obrázok 1). Európska politika Green Deal preferuje využívanie poľnohospodárskych produktov (EuropeanGreenDeal, 2019). V rámci obnoviteľných zdrojov je biomasa využívaná ako palivo Martiník, 2014), (Mullerová, 2010), Baláš, 2019), zároveň sa presadzuje v stavebníctve ako progresívny prírodný izolačný materiál. Tu je potrebné zohľadňovať skutočnosť, že ide o materiál, ktorý neodoláva pôsobeniu tepla (Tabias, 2021), (Cascone, 2019).

Tabuľka 1 Stav hospodárskych zvierat v SR v priebehu rokov 2011-2020 (ŠUSR, 2020).

Ukazovateľ	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Hovädzí dobytok spolu	442 289	432 253	438 855	439 826	446 112	457 586	465 543	467 820	471 091	463 358
Kravy spolu	191 517	191 851	194 708	194 676	194 191	199 509	201 795	198 978	202 589	201 307
Dojné kravy	122 049	125 848	127 871	129 863	132 610	139 229	143 083	144 875	150 272	154 105
Ošipané spolu	538 310	589 228	627 022	614 384	585 843	633 116	641 827	637 167	631 464	580 393
Prasnice	33 778	37 713	39 316	36 880	35 517	38 122	40 117	40 549	39 679	37 371
Ovce spolu	294 252	320 555	351 122	365 344	368 896	381 724	391 151	399 908	409 569	393 927
Bahnice	204 134	219 760	234 271	244 930	248 065	260 467	265 445	269 787	272 205	264 977
Bahnice dojné	132 846	136 418	149 653	157 194	155 828	159 935	161 504	169 516	159 721	161 951
Hydina spolu*	10 603 624	13 131 941	14 056 914	13 353 837	12 130 501	12 836 224	12 494 074	10 968 918	11 849 818	11 375 603
Sliepky*	3 251 754	5 537 200	6 142 038	5 903 613	6 118 177	6 043 672	5 651 291	5 680 915	6 265 511	6 183 382
Kurčatá*	7 157 546	7 148 335	7 398 670	6 956 626	5 553 542	6 301 163	6 375 853	4 740 878	5 099 796	4 746 151
Husi*	1 660	24 265	24 565	23 761	24 069	26 460	28 074	33 138	30 896	27 518
Kačice*	9 775	130 078	147 011	163 789	174 107	171 004	166 623	191 942	166 306	170 550
Morky*	151 154	124 571	156 024	136 387	126 448	125 879	118 171	138 787	131 453	123 076

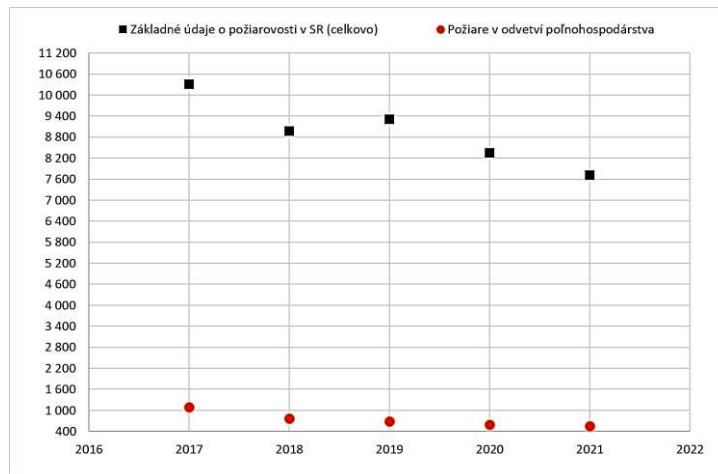


a)

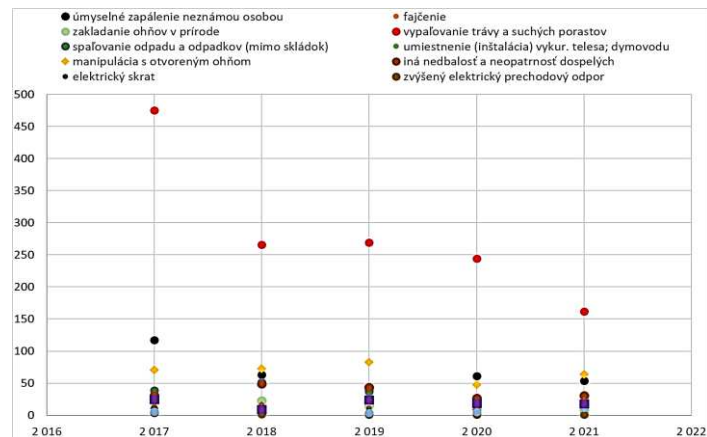
b)

Obrázok 1 a) Požiar suchej trávy; b) zásah člena dobrovoľného hasičského zboru (Skladovanie sena, 2021)

Uvedená skutočnosť je potvrdená štatistickými údajmi požiarovosti, ktoré boli získané z Požiarnotechnického a expertízneho ústavu Ministerstva vnútra Slovenskej republiky (obrázok 2). Počet požiarov má síce klesajúcu tendenciu, ale požiare v poľnohospodárstve si udržiavajú príslušný percentuálny podiel (11-5%). Zároveň je na obrázku 2 a 3 ukážka počtu požiarov na základe príčin vzniku požiaru.



Obrázok 2 Požiarovosť v SR za posledných päť rokov.



Obrázok 3 Sledovanie počtu požiarov na základe príčiny vzniku požiaru v SR za posledných päť rokov.

Horúce povrchy sú neoddeliteľnou súčasťou v technologických procesoch spracovania biomasy. Ich povrchová teplota môže presiahnuť minimálnu teplotu vznietenia biomasy. Vznietenie biomasy je závislé od vonkajších podmienok. Ale rozhodujúcim parametrom ostáva iniciálna teplota, pri ktorej dochádza k vznieteniu. Cieľom príspevku je experimentálne stanovenie teploty vznietenia sena v dôsledku pôsobenia sálavého tepla a cigarety.

1. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálne vzorky

Seno je zelený krm usušený prirodzeným spôsobom. Pokosenú hmotu je nutné vysušiť, čiže zbaviť sa prebytočnej vody, čím sa zvýši sušina ktorá je základom konzervácie sena z možnosťou dlhodobého skladovania. Obsah vody v sene poklesne na 9-10%. Seno je uskladnené v senníkoch kde býva roštová podlaha s tunelmi do ktorých výhrevné ventilátory vháňajú vzduch, čím urýchľujú proces dosušenia. Pre účely experimentu boli použité vzorky sena, získané z poľnohospodárskej farmy (obrázok 4). Vzorky boli uskladnené v balíkoch a používané pre účely prevádzkovania kravína. Seno je zelená krmovina konzervovaná prirodzeným sušením alebo dosúšaním. Okrem čerstvej zelenej krmoviny je seno najprirodzenejším krmivom vhodným pre všetky druhy hospodárskych zvierat (Kováč, 1989). Seno predstavuje suché nadzemné časti rastlín, ktoré sú vysušením a čiastočnou fermentáciou konzervované a pri vhodnom uskladnení predstavuje dlhodobú zásobu kvalitného suchého objemového krmiva (Sraková, 2008).



Obrázok 4 Ukážka skúšobnej vzorky.

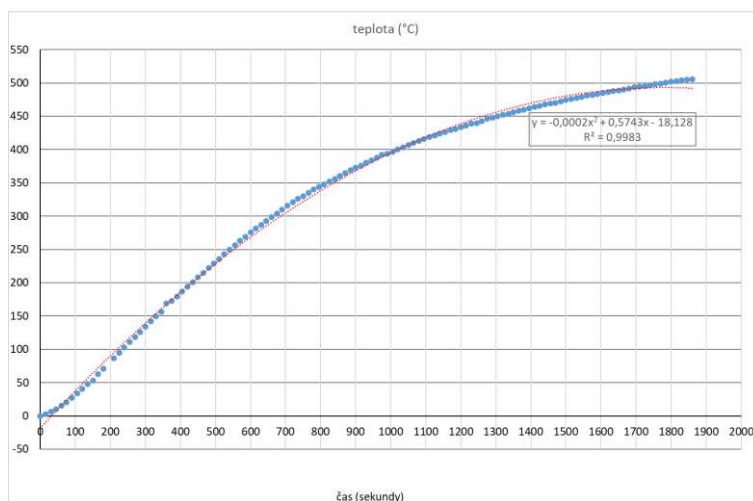
Metodika

Stanovenie minimálnej teploty vznietenia vrstvy organickej hmoty prebiehalo izotermickým tepelným namáhaním vzorky umiestnenej na elektricky vyhrievanej kovovej platni „hot-plate“ (obrázok 5) a kontinuálnom meraní teploty vo vnútri vzorky. Minimálna teplota iniciácie procesu horenia je definovaná ako najnižšia teplota povrchu vyhrievanej platne, pri ktorej v priebehu skúšky je možné pozorovať aspoň jeden z nasledovných javov : žeravenie, tlenie alebo horenie plameňom, časovo-teplotná krivka pre termočlánok umiestnený v strede vrstvy vzorky kontinuálne stúpa s porovnaním s teplotou izotermicky vyhrievanej platne, teplota meraná vo vrstve usadeného prachu je o 250°C vyššia ako teplota vyhrievanej platne. V rámci realizovaných experimentov boli uvedené podmienky splnené.



Obrázok 5 Zariadenie hot-plate.

Úvodom experimentu bola vykonaná kalibrácia hot-plate. Získaná teplotno-časová krivka (obrázok 6) je základom pre meranie teploty vznietenia podľa EN 50281-2-1:1998. Následne boli tepelnému povrchu vystavené vybrané vzorky biomasy. Pokusy boli realizované pri $T=21^{\circ}\text{C}$ a tlaku $100,56\text{ kPa}$. Pokusy sa opakovali 3x.



Obrázok 6 Závislosť nárastu teploty povrchu zariadenia hot-plate v závislosti na čase.

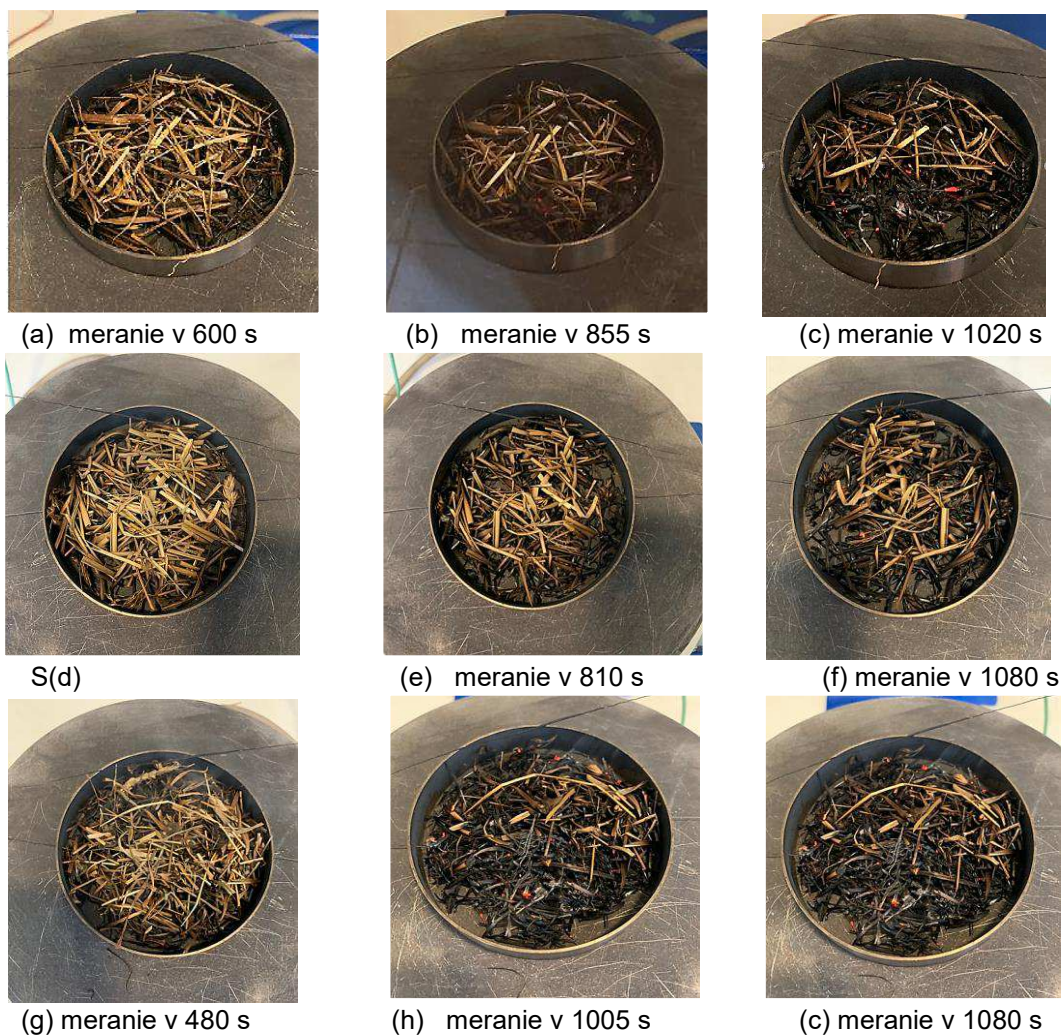
Druhá časť experimentu bola založená na sledovaní správania sa vzorky sena, na ktorom bola položená cigareta. Zariadenie hot-plate ostalo vypnuté, slúžilo ako podložka pre uloženie vzorky.

2. VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 2 sú namerané hodnoty minimálnych teplôt vznietenia vzoriek sena, teploty, ktoré boli namerané vo vnútri testovaných vzoriek a popis správania sa vrstvy sena počas jeho tepelného namáhania a okamih vznietenia. Vizualizácia je doplnená fotodokumentáciou (obrázok 5). Hmotnosť vzoriek sa zväčšovala o 1g. Uvedená skutočnosť sa na experimente neprejavila.

Tabuľka 2 Sumarizácia získaných výsledkov stanovenia teploty vznietenia sena.

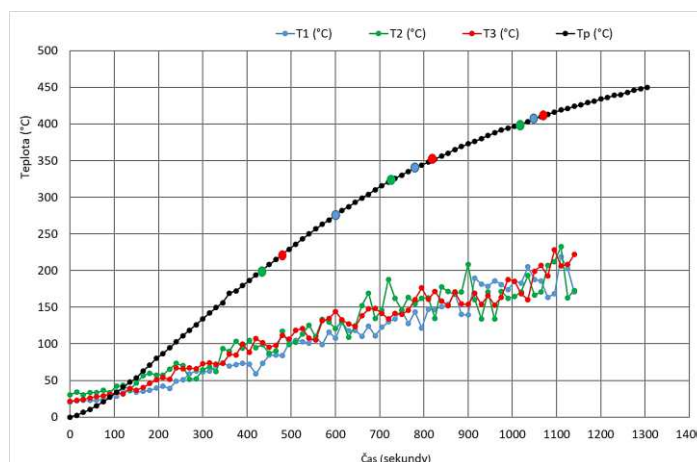
Biomasa: Seno	Hmotnosť vzorky (g)	Teplota vznietenia ($^{\circ}\text{C}$)	Teplota v strede vzorky ($^{\circ}\text{C}$)	Vizuálne pozorovania pri meraní
Seno 1	2	400	107,6	- po 600s (10 min) nastalo dymenie (Obr.7a) a rozširovanie sa termickej degradácie (čierneho povrchu) od okrajov smerom k stredu vzorky
			143,6	- 780 s zaznamenané žeravenia (Obr. 7c)
			187,8	- 1050 s (17,5 min) horenie a celkové zuhoľnatie vzorky
Seno 2	3	390	98,90	435 s (7,25 min-) začína sa proces dymenia, termická degradácia postupuje od okraja kruhu do vnútra (Obr.7d)
			146,1	V 705 s sčernenie vrstiev dotýkajúcich sa platni
			171,4	V 855 s nastáva zuhoľnatie vzorky a žeravenie
			189,5	V 1020 s sa sleduje proces horenia
Seno 3	4	420	111,3	480 s (8 min) vzorka termicky degraduje, pozoruje sa vznik dymu (Obr.7g)
			160,8	810 s – nastáva zuhoľnatie vrstvy na povrchu hot-plate
			185,4	1005 s uhoľnatie okrajov vzoriek a postupná degradácia celého povrchu a sledovanie procesu žeravenia
			192,6	1080 s- nastáva proces horenia



Obrázok 7 Ukážka priebehu horenia v mieste criticalkej teploty.

Legenda: vzorka „Seno 1“ (a);(b);(c); vzorka „Seno 2“ (d); (e); (f); vzorka „Seno 3“ (g); (h); (i)

Termočlánok umiestnený do vnútra vzorky zaznamenával teplotu, ktorá bola v uvedenom časovom úseku dosiahnutá. Seno je heterogenný materiál naplnený vzduchom. Seno je považované za izolant, čo sa prejavilo vo výsledkoch. Teplota rástla pomaly a s výraznými výchyľkami (obrázok 8).



Obrázok 8 Časovo teplotné krivky získané termočlámkami zariadenia hot-plate.

Legenda: čierna – hodnoty teplôt hot-plate povrchu, farebné body, predstavujú teploty, kde sa prejavila zmena v jednotlivých vzorkách.

Podľa štatistických údajov a najviac požiarov slamy a sena sa objavuje do 6 týždňov od balíkovania. Príčiny požiarov sena je viac, ale prioritnou príčinou ostáva samovznietenia balíkov sena. Hlavným faktorom samovznietenia sena je vlhkosť. Ak ale seno obsahuje viac ako 20 % vody, vzniká ideálne prostredie na množenie mezofilných baktérií, ktoré produkujú ďalšie teplo. Teplota vo vnútri balíku tak môže dosiahnuť až 60°C. Dlhodobu však táto teplota nevyhovuje ani samotným baktériám, a tak najčastejšie začnú postupne umierať a teplota balíku priridzene klesne.

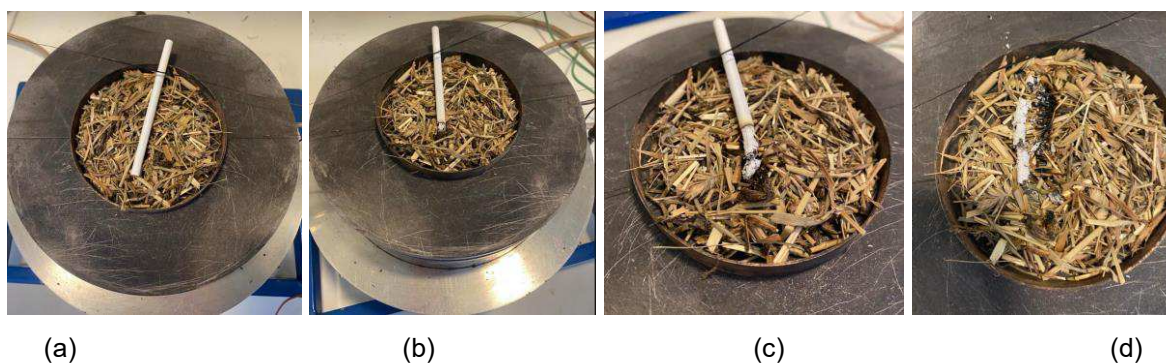
Údaje prezentované v tabuľke 3 vychádzajú zo slovenského právneho predpisu o skladovaní tuhých palív. Naše experimenty ukázali štart degradačných procesov od teploty teploty 98,90 °C čo je v zhode s legislatívnymi údajmi.

Tabuľka 3 Tabuľka kritických teplôt sena (Skladovanie sena, 2021).

T(°C)	Popis správania sa sena
50	Nie je potreba riešiť
65	Začiatok nebezpečnej teplotnej zóny – kontrolujte teplotu dvakrát denne. Rozprestrite balíky, aby mohli byť chladené prúdiacim vzduchom.
70	Nebezpečná teplotná zóna – Kontrolujte teplotu každých pár hodín. Rozprestrite balíky, aby mohli byť chladené prúdiacim vzduchom.
80	Vznik žeravých miest a ložisiek ohňa – Skontaktujte hasičov s tým, že hrozí riziko požiaru. Snažte sa zamedziť cirkulácii vzduchu okolo balíkov. V tejto fáze už môžu spôsobiť vzplanutie.
88	Vysoké riziko vzplanutia. S pomocou hasičov je potrebné odstrániť žeravé balíky sena.
93 a viac	Najvyššie riziko vzplanutia – S pomocou hasičov odstráňte žeravé balíky sena. Vzplanutie je vážne veľmi pravdepodobné.

Ďalšími faktormi, ktoré ovplyvňujú teplotu vnútri balíku, je dĺžka stebiel, hustota balíku a ventilácia vzduchu v okolí. V prípade balíkov, v ktorých sú stebľa kratšie, menej zlisované a skladovacie priestory sú dobre odvetrávané, je riziko požiaru výrazne nižšie (Skladovanie sena, 2021).

Experiment realizovaný s cigaretami bol orientačný. Cigareta postupne odhorievala, čo je možné vizuálne sledovať na obrázok 9, ale termočlánok vložený do vzorky nezaznamenal nárast teploty. Je možné predpokladať, že žeravenie cigarety spôsobí vývoj istého množstva, ktoré spôsobí sčernenie povrchu vzorky v mieste polohy cigarety.



Obrázok 9 Ukážka experimentu s horiacou cigaretou.
Legenda: (a) pred experimentom; (b) experiment v 1min; (c) experiment v 3 minúte; (d) vzorka v 5 minute, po experimente.

3. ZÁVER

Na základe experimentálnych výsledkov je možné konštatovať:

- Od 7 minúty začína proces degradácie, kde vzorky dosiahnu teplotu od 98-111°C a teplota hot-plate bola 250-300°C.
- Počas experimentu bolo sledované dymenie, žeravenie až zahájenie homogénneho (plameňového) horenia

LITERATÚRA

- SBA. Malé a stredné podnikanie [online]. Dostupné na internete: <http://monitoringmsp.sk/wp-content/uploads/2021/07/Male-a-stredne-podnikanie-v-cislach-2020.pdf>
- Štatistický úrad SR. 2022. Štatistika stavu hospodárskych zvierat za jednotlivé roky 2011- 2020. Dostupné na internete: [http://statdat.statistics.sk/cognosext/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=storeId\(%22iF60EC5BD94894A19A9737BA5A8E4F162%22\)&ui.name=Stavy%20hospod%20a%20rskych%20zvierat%20k%2031.12.%20%5bpl2016rs%5d&run.outputFormat=&run.prompt=true&cv.header=false&ui.backURL=%2fcognosext%2fcps4%2fportlets%2fcommon%2fclose.html](http://statdat.statistics.sk/cognosext/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=cognosViewer&ui.action=run&ui.object=storeId(%22iF60EC5BD94894A19A9737BA5A8E4F162%22)&ui.name=Stavy%20hospod%20a%20rskych%20zvierat%20k%2031.12.%20%5bpl2016rs%5d&run.outputFormat=&run.prompt=true&cv.header=false&ui.backURL=%2fcognosext%2fcps4%2fportlets%2fcommon%2fclose.html)
- Skladovanie sena a slamy alebo ako predísť požiarom [online]. Dostupné na internete: <https://www.montovane-halyborga.sk/skladovanie-sena-a-slamy-alebo-ako-predist-poziarom>
- Európska zelená dohoda (EuropeanGreenDeal) (2019) [online]. Dostupné na internete: <https://www.enviroportal.sk/environmentalne-temy/vplyvy-na-zp/lesnictvo/dokumenty/europska-zelena-dohoda-european-green-deal-2019>
- Martiník, L., Drastichová, V., Horák, J., Jankovská, Z., Krpec, K., Kubesa, P., Hopan, F. a Kaličáková, Z. 2014. Spalování odpadní biomasy v malých zařízeních. Chemické listy. 108, 2 (úno. 2014), 156-162.
- Mullerová, J., Hloch, S. a Valíček, J. 2010. Reducing Emissions from the Incineration of Biomass in the Boiler. Chemické listy. 104, 9 (říj. 2010).
- Baláš, M., Lisý, M., Lisá, H., Vavříková, P., Milcháček, P., Elbl, P. Spalné teplo a složení biopaliv a bioodpadů. Energie z biomasy XX. Vysoké učení technické, Fakulta strojího inženýrství, Lednice, 17. až 19. září 2019.
- Daňková, D.D., Hejhálek, J. Tepelné izolácie – prehľad, materiály, druhy, spôsoby použitia. <https://www.istavebnictvo.sk/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po> (cit. 4.12.2009)
- Tobias, R., Writer, R. Building With Straw Bales: A Comprehensive Guide. <https://www.buildwithrise.com/stories/how-to-build-a-home-using-straw-bale> (cit. 10.7. 2021)
- Cascone, S.; Rapisarda, R., Cascone, D. Physical Properties of Straw Bales as a Construction Material: A Review. Sustainability 2019, 11, 3388; doi:10.3390/su11123388
- Preventing fires in baled hay and straw. (2012). Farm and Ranch Extension in Safety and Health (FReSH) Community of Practice. Retrieved from <http://www.extension.org/pages/66577/preventing-fires-in-baled-hay-and-straw>
- Fire Hazard in Wet Bales. <https://extension.sdstate.edu/fire-hazard-wet-bales> (cit. 18.5.2020)
- Štulajter, M., Lieskovský, M., Messingerová, V. Energetické vlastnosti peliet, brikiet a dreveného uhlia produkovaných na Slovensku. ACTA FACULTATIS FORESTALIS, Suppl. 1 2015, 57, 133-144-
- Kováč, M. – Čupka, V. – Kacerovský, O. et al. 1989. Výživa a kŕmenie hospodárskych zvierat. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1989, 536 s. ISBN 80-07-00030-5.
- Sraková, E. – Suchý, P. – Herzig, I. – Suchý, P. Tvrzník, P. 2008. Výživa a diätetika. I. diel – všeobecná výživa. 1. vyd. Brno: VFU, 2008. s. 75-76. ISBN 978-80-7305-031-3.
- EN 50281-2-1:1998) Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom. Časť 1-2: Skúšobné metódy. Metódy na stanovenie minimálnych teplôt prach
- Skladovanie sena a slamy alebo ako predísť požiarom [online]. Dostupné na internete: <https://www.montovane-halyborga.sk/skladovanie-sena-a-slamy-alebo-ako-predist-poziarom>

Iveta Marková, prof. RNDr., PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva,

Ul. 1.mája 32, 010 01 Žilina

e-mail: iveta.markova@uniza.sk

Zuzana Giertlova, doc. Dr. habil.,

Brandschutzconsulting / Präventionsingenieure e.V.,

Magdalenenweg 4, D-82152 Planegg,

e-mail: zuzana@giertlova.de

Marek Hurát, Ing.

absolvent študijného programu záchranné služby
