



HISTORICKÝ VÝVOJ EMISIÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNOV Z LESNÝCH POŽIAROV A SPAĽOVANIA LESNEJ BIOMASY Z ŤAŽBOVÝCH ZVYŠKOV NA SLOVENSKU

Valéria Longauerová ▪ Tibor Priwitzer ▪ Miriam Maľová ▪ Katarína Sujová

Longauerová, V., Priwitzer T., Maľová, M., Sujová, K.: **Historical development of greenhouse gas emissions from forest fires and burning of forest biomass from logging residues in Slovakia.** APOL, 2023, vol. 4, no. 1, p. 153–157.

Abstract: The present paper focuses on historical development of greenhouse gas emissions from forest fires and biomass burning in Slovak forests. The estimation of CO₂, CH₄ as well as N₂O emissions is provided. The amount of emissions from forest fires varies from year to year, mainly according to the size of the burned area. The highest GHG emissions from forest fires were recorded in the year 1999 and the lowest in the year 1998 and from controlled burning in the year 2014 and 1992.

Key words: GHG emissions; forest fires; biomass burning

Úvod a problematika

Lesné požiare sú v lesníckej praxi síce neželaným, ale bežným javom. Okrem ovplyvňovania ekologických procesov (biotických alebo abiotických) vytvárajú tiež diverzitu krajiny a ovplyvňujú geobiochemické cykly. Oheň zohráva dôležitú úlohu nielen v uhlíkovom cykle lesa, ale navyše produkuje skleníkové plyny (obr. 1).

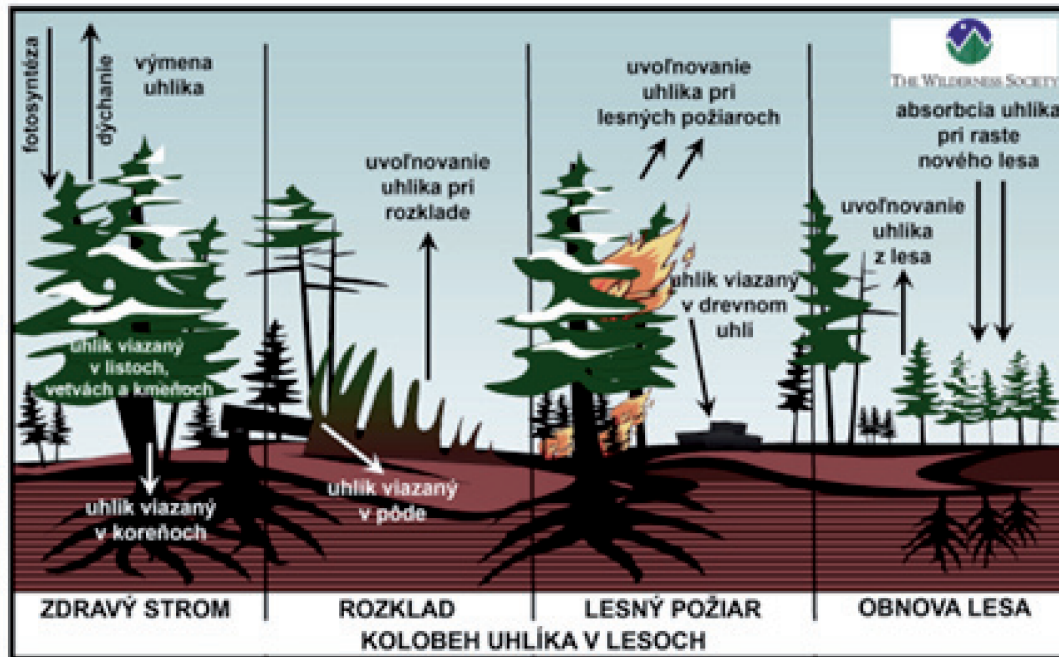
Spalovanie biomasy v lesoch Slovenska zahŕňa emisie CO₂, CH₄ a N₂O spojené s lesnými požiarimi a spaľovaním biomasy ťažbových zvyškov. Národné lesnícke centrum – Lesnícka ochranná služba každoročne sumarizuje údaje o lesných požiaroch na Slovensku od roku 1993. Údaje o lesných požiaroch sú získavané z databázy NLC o výskyte škodlivých činiteľov za príslušný rok a z databáz Požiarnotechnického a expertízneho ústavu MV SR. Komplexnejšia evidencia je v PTEU MV SR, nakoľko tu je zaznamenaný každý nahlásený požiar. Hlásenie o výskyte škodlivých činiteľov je menej spoľahlivé, lebo presnú evidenciu požiarov poskytujú len štátne a vojenské lesy, u súkromných vlastníkov lesov sú tieto hlásenia sporadické.

Ťažbová činnosť na Slovensku zahŕňa aj spaľovanie ťažbových zvyškov, a to na holiach po vyťažení stromov napadnutých podkôrnym hmyzom alebo po holoruboch. Ťažobné zvyšky sa podľa expertného odhadu pália približne na 10 – 50 % plochy holín, pričom existujú rozdiely v množstve spaľovanej biomasy pri drevinách. Kým pri ihličnatých drevinách (sm, jd, bo) predstavuje odhad spaľovania zvyškov 10 % nadzemnej biomasy, tak pri listnatých drevinách tento odhad tvorí 25 % nadzemnej biomasy.

Metodika

Množstvo biomasy spálenej na vyťažených plochách bolo kvantifikované na základe každoročne vykazovaného množstva ťažby, osobitne pre ihličnaté a listnaté drevis a použitím expanzných faktorov na biomasu – BCEFR. Keďže neexistujú žiadne oficiálne verejne dostupné údaje o množstve spálených ťažbových zvyškov na Slovensku, na výpočet bol použitý expertný odhad.

Emisie zo spaľovania biomasy ťažbových zvyškov a z lesných požiarov boli kvantifikované podľa medzinárodne platnej metodiky IPCC (IPCC 2006 GL) s použitím rovnice 2.27 a štandardných emisných faktorov uvedených v tabuľke 2.5 (IPCC 2006 GL). Predvolená hodnota faktora spaľovania pre spaľovanie zvyškov po ťažbe v lesoch mierneho pásma je 0,62 podľa tabuľky 2.6 (IPCC 2006 GL).



Obrázok 1. Kolobeh uhlíka v lesoch (Zdroj: <http://wilderness.org/content/primer-carbon-cycling>)
Figure 1. Carbon cycle in forests (Source: <http://wilderness.org/content/primer-carbon-cycling>)

Rovnica 2.27 Stanovenie emisií skleníkových plynov z lesných požiarov:

$$L_{\text{fire}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{\text{ef}} \cdot 10^{-3}$$

L_{fire} = množstvo emisií GHG z lesného požiaru, t každého GHG – CO_2 , CH_4 , N_2O ,

A = zhorená plocha (ha),

M_B = množstvo biomasy/paliva zhoreného pri požiari ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

C_f = faktor spaľovania, bezrozmerné číslo (údaj z tabuľky 2.6 – IPCC 2006 GL),

G_{ef} = emisný faktor, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej zhorenej biomasy (údaj z tabuľky 2.5 – (IPCC 2006 GL), emisný faktor udáva množstvo konkrétneho skleníkového plynu emitovaného na jednotku spálenej sušiny, ktoré sa môže meniť v závislosti od obsahu uhlíka v biomase a úplnosti spaľovania. Komplexný prehľad emisných faktorov vykonali Andrea & Merlet (2001) a sú zhrnuté v tabuľke 2.5 (IPCC 2006 GL).

Na kvantifikáciu množstva zhorenej biomasy boli použité údaje o priemerných zásobách drevín v jednotlivých rokoch, ktoré sú každoročne aktualizované a publikované v Zelenej správe. Emisie skleníkových plynov z požiarov boli vypočítané na základe známej ročnej spálenej plochy a priemernej zásoby na hektár.

Výsledky

Za posledných 30 rokov horelo v lesoch Slovenska 12 024-krát, pričom zhorená plocha zasiahla 15 759 ha lesa. Na Slovensku boli od roku 1993 hlásené ročne lesné požiare na ploche od 120 ha do 1 652 ha. Počet lesných požiarov v jednotlivých rokoch bol v počte od 101 do 852. Čo poukazuje na veľkú rozmanitosť v počte požiarov aj zhorenej plochy v jednotlivých rokoch. Priemerná zhorená plocha lesa na jeden požiar bola 1,31 ha.

Za sledované obdobie (1993 až 2022) počet lesných požiarov na Slovensku výrazne klesá, rovnako klesá aj celková zhorená plocha. Priemerná zhorená plocha má ale stúpajúcu tendenciu. Početnosť požiarov, rozsah zhorenej plochy, ako aj vývojové trendy od roku 1990 uvádza obr. 2.

Najväčšia lesná plocha poškodená požiarom bola 1 171 ha v katastri obcí Pernek, Lozorno a Malacky v roku 1992. Počas roka dochádza k dvom kulmináciám požiarovosti v lese, a to najmä na jar a v lete. Z príčin



Obrázok 2. Početnosť požiarov, rozsah zhorenej plochy a vývojové trendy na Slovensku od roku 1990
Figure 2. The frequency of fires, the extent of the burned area and development trends in Slovakia since 1990

sú najvýznamnejšie antropogénne príčiny – verejnosť 73 %, nedbanlivosť – turisti, deti, zakladanie ohňov v prírode, vypalovanie trávy, atď., podpaľačstvo 8 %, neznáme príčiny 17 %, naproti tomu prírodné príčiny 2 % (blesk a samovznietenie).

Údaje o odhadovanom množstve biomasy spálenej ako ťažbové zvyšky a emisie CO₂, CH₄ and N₂O z lesných požiarov a spalovania ťažbových zvyškov na Slovensku v jednotlivých rokoch sú uvedené v tabuľke 1.

Celkové emisie oxidu uhličitého zo spalovania ťažbových zvyškov sa na Slovensku v období rokov 1990 – 2021 pohybujú od 72 244 do 245 666 t, emisie metánu od 216 do 735 t, resp. 6,1 do 20,6 kt CO₂ ekv. a emisie oxidu dusného od 12 do 41 t, resp. od 3,2 do 10,9 kt CO₂ ekv.

Tabuľka 1. Biomasa spálená po ťažbe, a emisie CO₂, CH₄ and N₂O z lesných požiarov a spaľovania ťažbových zvyškov na Slovensku v jednotlivých rokoch

Table 1. Biomass burned after harvest, and emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from forest fires and burning of harvesting residues in Slovakia in individual years

Rok	Spálená biomasa (t d. m.)		Emisie CO ₂ (t)		Emisie CH ₄ (t)		Emisie N ₂ O (t)	
	Spaľovanie zvyškov po ťažbe	Zhorená plocha (ha) Lesné požiare	Spaľovanie zvyškov po ťažbe	Lesné požiare	Spaľovanie zvyškov po ťažbe	Lesné požiare	Spaľovanie zvyškov po ťažbe	Lesné požiare
1990	104 472.9	232.0	101 629.1	46 741.0	304.4	140.0	16.8	7.7
1991	82 533.2	208.0	80 286.6	42 446.3	240.5	127.1	13.3	7.0
1992	74 265.3	474.0	72 243.8	98 404.7	216.4	294.8	12.0	16.3
1993	76 237.6	1 154.0	74 162.5	245 413.5	222.2	735.1	12.3	40.7
1994	80 059.2	38.0	77 880.0	8 257.2	233.3	24.7	12.9	1.4
1995	89 822.5	70.4	87 377.5	15 761.4	261.7	47.2	14.5	2.6
1996	97 178.3	215.0	94 533.1	48 997.4	283.2	146.8	15.7	8.1
1997	106 314.5	35.0	103 420.6	8 097.4	309.8	24.3	17.1	1.3
1998	104 868.4	32.0	102 013.9	7 535.6	305.6	22.6	16.9	1.2
1999	119 335.3	2 496.5	116 087.0	603 376.9	347.7	1 807.4	19.2	100.0
2000	132 254.4	927.3	128 654.4	233 150.3	385.4	698.4	21.3	38.6
2001	131 046.1	159.2	127 479.0	40 491.5	381.9	121.3	21.1	6.7
2002	130 020.0	595.3	126 480.8	154 421.6	378.9	462.6	21.0	25.6
2003	141 225.8	1 567.8	137 381.6	410 367.4	411.5	1 229.3	22.8	68.0
2004	157 297.1	138.9	153 015.5	36 871.3	458.4	110.4	25.4	6.1
2005	214 689.7	528.0	208 845.9	142 263.3	625.6	426.2	34.6	23.6
2006	177 943.9	178.2	173 100.3	48 790.8	518.5	146.2	28.7	8.1
2007	182 951.1	680.1	177 971.1	187 208.9	533.1	560.8	29.5	31.0
2008	201 550.8	118.0	196 064.6	32 954.7	587.3	98.7	32.5	5.5
2009	199 094.6	510.0	193 675.3	144 345.8	580.2	432.4	32.1	23.9
2010	218 608.1	192.0	212 657.6	54 834.4	637.0	164.3	35.2	9.1
2011	210 905.1	402.6	205 164.2	116 059.3	614.6	347.7	34.0	19.2
2012	126 556.1	1 683.5	123 111.2	491 452.9	368.8	1 472.2	20.4	81.4
2013	127 582.2	270.3	124 109.4	79 513.9	371.8	238.2	20.6	13.2
2014	252 540.5	191.7	245 666.4	56 440.3	735.9	169.1	40.7	9.4
2015	241 696.5	352.6	235 117.5	104 179.1	704.3	312.1	39.0	17.3
2016	234 857.2	174.9	228 464.4	51 912.5	684.4	155.5	37.9	8.6
2017	229 233.9	297.7	222 994.2	88 490.9	668.0	265.1	37.0	14.7
2018	239 997.1	248.4	233 464.4	73 932.0	699.4	221.5	38.7	12.3
2019	228 119.8	462.2	221 910.3	138 356.6	664.7	414.5	36.8	22.9
2020	189 340.4	472.7	184 186.6	141 650.6	551.7	424.3	30.5	23.5
2021	193 403.6	158.9	188 139.2	47 867.0	563.6	143.4	31.2	7.9

Celkové emisie oxidu uhličitého z lesných požiarov na Slovensku sa v období rokov 1990 – 2021 pohybujú od 7 536 t do 603 377 t, emisie metánu od 22,6 t do 1 807,4 t, resp. 0,63 kt CO₂ ekv. do 50,61 kt CO₂ ekv. a emisie oxidu dusného od 1,2 do 100 t, resp. od 0,32 do 26,5 kt CO₂ ekv.

Pre porovnanie množstva a výskytu lesných požiarov a emisií skleníkových plynov z nich, a tiež to či spaľujú zvyšky po ťažbe alebo nie, uvádzame informácie a údaje z okolitých štátov, ktoré sú uvedené v ich národných inventarizačných správach z roku 2023.

V Rakúsku nie je povolené spaľovať ťažbové zvyšky. Údaje o ročnej ploche zasiahnutej lesnými požiarimi sú dostupné za roky 1990 až 2021 zo štatistík Ministerstva lesného hospodárstva (BML) a pohybujú sa medzi 8 až 200 ha/rok. Vzhľadom na malú výmeru sú však množstvá emisií N₂O a CH₄ spôsobené lesnými požiarimi zanedbateľné, pričom ročné množstvo emisií sa pohybuje medzi 0,031 a 0,79 kt CO₂ ekv. (NIR 2023).

V Českej republike sa časť zvyškov po ťažbe sporadicky spaľuje. Keďže podobne ako na Slovensku neexistuje žiadny oficiálny údaj o podiele biomasy spálenej v lesoch, odhaduje sa, že sa spáli cca 1 % biomasy

vrátane kôry, čo predstavovalo v roku 1990 – 679 kt a v roku 2021 – 56,6 kt. Množstvo spálenej biomasy pri lesných požiaroch sa pohybuje od 10,2 kt v roku 1990 (168 ha) do 31,3 kt (411 ha) v roku 2021. Najextrémnejším rokom sledovaného obdobia bol rok 1997, kedy zhorelo cca 228 kt biomasy na ploche takmer 3,5 tis. ha. Od roku 1990 nebol ani jeden rok bez hlásených lesných požiarov. Priemerná ročná plocha lesov zasiahnutá lesnými požiarimi dosiahla v období 1990 až 2021 584 ha (NIR 2023).

Vo svojej Národnej inventarizačnej správe (NIR 2023) Maďarsko uvádza, že lesné požiare sú svojou povahou veľmi nestále a nie sú významným javom. V Maďarsku je množstvo emisií N_2O a CH_4 emitovaných lesnými požiarimi a vznikajúce v dôsledku spaľovania ťažbových zvyškov zanedbateľné.

V Poľsku je podľa príslušného lesného zákona spaľovanie zvyškov po ťažbe zakázané. Množstvo emisií CH_4 a N_2O emitované lesnými požiarimi sa pohybuje od 0,23 (2021) do 10,26 (1992) kt CO_2 ekv. a od 0,30 (1991) do 0,71 (2015) kt CO_2 ekv. (NIR 2023).

Zhrnutie

Uvedené výsledky poskytujú prehľad o historickom vývoji lesných požiarov a emisií skleníkových plynov z týchto požiarov, a tiež zo spaľovania lesnej biomasy z ťažbových zvyškov na Slovensku. Za veľmi pozitívne možno považovať skutočnosť, že počet lesných požiarov na Slovensku za cca 30 rokov (1993 až 2022) výrazne klesá, pričom zároveň klesá aj celková zhorená plocha. Čo sa týka množstva emitovaných emisií skleníkových plynov z lesných požiarov, tieto vykazujú v celom období rozkolísaný priebeh v jednotlivých rokoch, a to hlavne v závislosti od veľkosti zhorenej plochy. Pozitívnym trendom je tiež znižovanie množstva spaľovania ťažbových zvyškov s čím súvisia nižšie emisie skleníkových plynov. Aplikáciou účinných protipožiarnych opatrení, a tiež utlmaním spaľovania zvyškov po ťažbe, je tak možné prispievať k znižovaniu produkcie skleníkových plynov, čo následne vedie k priaznivejšej bilancii GHG na Slovensku.

Podakovanie

Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0412 (CALTER) a Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky na základe položky č. 08V0301 (PRO-MOLES a TREEADAPT).

Literatúra

Andrea, M. O., Merlet, P., 2001: Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *GlobalBiogeochemical Cycles*, 15:955–966.

Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan, Institute for Global Environmental Strategies. Dostupné na <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.

Národné inventarizačné správy z Českej republiky, Maďarska, Poľska, Rakúska podané v roku 2023. Dostupné na <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2023>.

ADRESA

Ing. Valéria Longauerová, PhD., Ing. Tibor Priwitzer, PhD., Ing. Miriam Maľová, PhD.,

Mgr. Katarína Sujová, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

T. G. Masaryka 2175/22

SK–960 01 Zvolen

e-mail: valeria.longauerova@nlcsk.org, tibor.priwitzer@nlcsk.org, miriam.malova@nlcsk.org,

katarina.sujova@nlcsk.org