

LESNÍCKY METEOROLOGICKÝ MONITORING: MOŽNOSTI VYUŽITIA OPERATÍVNYCH DÁT V OCHRANE LESA

Zuzana Sitková • Adriana Leštianska • Katarína Střelcová • Peter Fleischer, st.
Peter Fleischer, ml. • Juraj Galko

Klimatická zmena a význam meteorologického monitoringu

Významný nárast prírodných disturbancií v lesoch Európy pozorovaný počas 20. storočia (Schelhaas et al. 2003) je jedným zo závažných dôsledkov klimatickej zmeny v novodobej ére takzvaného „antropocénu“, ktorá so sebou priniesla častejší výskyt sucha sprevádzaný vysokými teplotami (Allen et al. 2015). Režim disturbancií vyvolaných vetrom, hmyzom, požiarimi sa za posledné dekády zmenil a zintenzívnil, čo má dopady na diverzitu, produkciu, bilanciu uhlíka, rastovú dynamiku, ale aj celkovú adaptačnú kapacitu lesných ekosystémov (Seidl et al. 2011, 2017). Najnovšie poznatky vizuálnej interpretácie časových sérii satelitných snímok ukázali, že za posledné tri dekády (1984 – 2016) sa mortalita lesov v Európe zdvojnásobila (Senf et al. 2018). Na základe klimatických scenárov je aj v nasledujúcich dekádach 21. storočia predikovaný ďalší nárast poškodzovania lesov v dôsledku vetrových kalamít, gradácii hmyzu či vyššej frekvencie požiarov (Seidl et al. 2014). Prebiehajúca zmena klímy prinesie aj v budúcnosti s vysokou pravdepodobnosťou nárast klimatickej variability spojenej s **výskytom dlhších a intenzívnejších epizód sucha a extrémnych horúčav** (Mehl & Tebaldi 2004). Podľa Svetovej meteorologickej organizácie (WMO) sa rok 2018 z hľadiska priemernej globálnej teploty ukazuje ako štvrtý najteplejší rok v rámci meraní. Rovnako rok 2017 s mimoriadne slnečným a horúcim letom bol jeden z troch najteplejších rokov za celú históriu pozorovaní spolu s predchádzajúcimi rokmi 2015 a 2016. V Európe bola zároveň celá posledná dekáda rokov 2008 – 2017 označená za najteplejšiu od začiatku meteorologických meraní vôbec.

Nemenej závažným aspektom prebiehajúcej zmeny klímy je okrem sucha a horúčav aj **zmena v priestorovej a časovej distribúcii zrážok a častejší výskyt extrémnych úhrnov zrážok** (IPCC 2014). Regionálne klimatické modely v porovnaní s globálnymi modelmi preukazujú významný posun v intenzite denných úhrnov zrážok od slabých po stredné až vysoko intenzívne zrážkové udalosti, čo môže mať kľúčový dosah na štúdie najmä v oblasti hydrológie, pôdohospodárstva a znečistenia ovzdušia (Jacob et al. 2014). V súvislosti so zmenami v distribúcii zrážok sa následne **zvyšuje frekvencia povodňových situácií**. Predpokladá sa, že frekvencia kulminačných prietokov opakujúcich sa každých 100 rokov sa za 30 rokov na väčšine vodných tokov v Európe zdvojnásobí (Alfieri et al. 2015). Na druhej strane je výskyt extrémnych meteorologických situácií najmä sucha a horúčav, sprevádzaný zvýšeným **rizikom vzniku lesných požiarov**. Na Slovensku mali v roku 2017 lesné požiare 10 % podiel na antropogénne spôsobených škodách na drevnej hmote (Kunca et al. 2018). Osobitnou kapitolou je vplyv narastajúcich teplôt vzduchu na **gradácie podkôrneho hmyzu**, ktorého vývojové štádiá sú striktné kontrolované a závislé od priebehu teplôt počas roka. Hmyz pritom predstavuje jeden z najzávažnejších zdrojov a príčin disturbancií v lesných porastoch mierneho pásma (Schelhaas et al. 2003; Raffa et al. 2008).

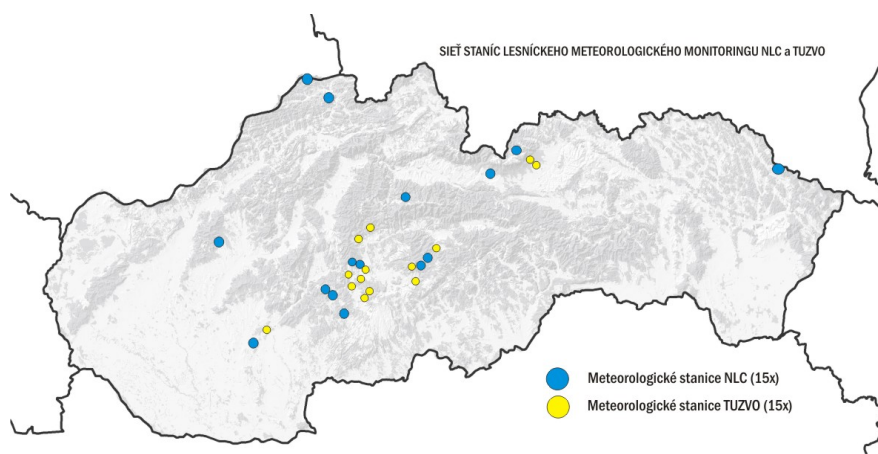
Pre vysvetlenie vzájomných interakcií na úrovni prírodných ekosystémov nadobúda systematické pozorovanie meteorologických veličín a hodnotenie klimatických charakteristík na lokálnej až regionálnej úrovni čoraz väčší význam. Rastie potreba kvalifikovaných a operatívnych informácií o fungovaní prírodných zložiek v antropogénne zmenených environmentálnych podmienkach. Aktuálne, v rokoch 2017 – 2021, prebieha riešenie projektu aplikovaného výskumu APVV-16-0325 s názvom „FORCLIMEX – Extrémne prejavy zmeny klímy a ich dopady na rast a produkciu lesných porastov“, ktorého jedným z cieľov je vytvorenie online web-aplikácie integrovaného lesníckeho meteorologického monitoringu (LMM) pre operatívne hodnotenie rizík súvisiacich so zmenou klímy (sucho, požiare, hmyz) a pre analýzu negatívnych dopadov recentných meteorologických extrémov na rast a produkciu lesných porastov. Výstupy projektu majú slúžiť lesníckej praxi, odbornej verejnosti a široké využítie vidíme aj v rámci procesu moderného vzdelávania. Operatívne údaje získavané prostredníctvom LMM majú potenciál byť podpornou informačnou bázou aj v praktickom lesníckom manažmente a ochrane lesa. Poznanie aktuálnych poveternostných podmienok a lokálneho vývoja počas predchádzajúcom období môže prispieť k efektívnemu plánovaniu bežných činností v lesníckej prevádzke (za-

lesňovanie, spaľovanie ťažbových zvyškov, potreba protipožiarnych pochôdzok, ochrana proti hmyzu a zveri, vhodnosť ťažby, približovania a odvozu dreva vzhľadom k eliminácii pôdnej erózie a podobne).

Lesnícka meteorologická sieť staníc a metodika získavania údajov

Sieť regionálnych mezoklimatických staníc s on-line prenosom nameraných údajov sa na Slovensku začala primárne budovať za účelom lesnícko-ekologického výskumu a pre potreby moderného lesníckeho vzdelávania. Prvé automatizované meteorologické stanice boli inštalované v roku 2007 na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene (Střelcová et al. 2017). Na Národnom lesníckom centre sa sieť začala zakladať a rozširovať postupne od roku 2009 v rámci medzinárodného projektu FutMon (Pavlena et al. 2014) a v rámci ďalších projektov podporených zo štrukturálnych fondov EÚ v rámci operačného programu výskum a vývoj (OP VaV).

V súčasnosti merania meteorologických prvkov a z nich agregované charakteristiky prebiehajú na 15 automatických staniciach Národného lesníckeho centra a 15 staniciach Technickej univerzity vo Zvolene, umiestnených v rozpätí nadmorských výšok (225 – 1 560 m n. m.) a reprezentujúcich rôzne vegetačné stupne (obr. 1, tab. 1). Prehľad meraných meteorologických prvkov a z nich odvodených veličín je uvedený v tabuľke 2. Na meranie sa jednotne používajú automatické meteorologické stanice EMS Brno (Environmental Measuring Systems, Brno) s ukladaním dát v 10-minútovom intervale. Merané údaje sú automaticky vysielané a priebežne graficky vizualizované na internetovej stránke Národného lesníckeho centra a Technickej univerzity vo Zvolene (1× za hodinu). Ukážka siete existujúcich staníc ako aj merané meteorologické údaje sú v súčasnosti dostupné na webových stránkach TUZVO (www.tuzvo.sk) a NLC (www.nlcsk.sk). Zároveň postupne budujeme integrovanú web-aplikáciu sietí oboch organizácií zjednotenú na jednu platformu (forestweather.sk), ktorá je momentálne dostupná napríklad na stránke www.los.sk a www.nlcsk.sk.



Obrázok 1. Staničná sieť lesníckeho meteorologického monitoringu (LMM) v roku 2018

Tabuľka 1. Zoznam lesníckych meteorologických staníc siete NLC a TUZVO v rámci Slovenska

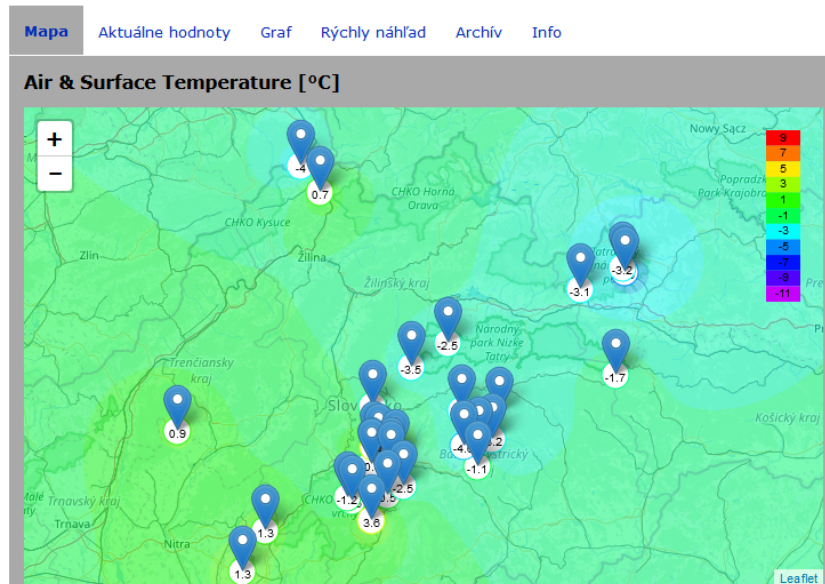
	Názov stanice / lokality	Nadmorská výška	Začiatok meraní	Lesný vegetačný stupeň
		[m n. m.]		
Meteorologické stanice NLC	Čifáre	225	04/2010	1. lvs
	Duchonka	288	06/2018	1. lvs
	Bienska dolina	450	05/2012	3. lvs
	Žibritov	480	04/2010	3. lvs
	Turová	620	04/2010	3. lvs
	Husárik	540	08/2010	4. lvs
	Svetlice	550	08/2010	4. lvs
	Kysihýbel	550	03/2016	4. lvs
	Banská Štiavnica	622	05/2013	4. lvs
	Poľana – Hukavský Grúň	850	09/2010	5. lvs
	Vrchslatina	980	04/2017	5. lvs
	Veľký Polom	1 000	08/2010	6. lvs
	Železnô	1 000	04/2010	6. lvs
	V. Tatry juh – Rakytovec	1 260	08/2013	6. lvs
	V. Tatry sever – Kolové pleso	1 560	06/2014	8. lvs

Pokračovanie tabuľky 1

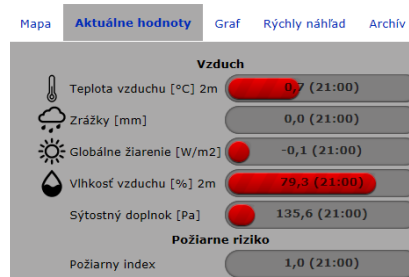
	Názov stanice / lokality	Nadmorská výška	Začiatok meraní	Lesný vegetačný stupeň
		[m n. m.]		
Meteorologické stanice TUZVO	Zvolen	283	10/2011	Intravilán
	Čaradice	235	04/2016	Intravilán
	Borová hora	350	01/2007	2. lvs
	Dobrá Niva	369	04/2017	Intravilán
	Boky Sever	510	05/2008	3. lvs
	Boky Juh	510	05/2008	1.lvs
	Hriňová – Košútka	516	11/2013	4. lvs
	Pustý hrad	570	01/2012	3. lvs
	Čierny Balog	580	04/2014	5. lvs
	Tajov (chata)	730	06/2017	4. lvs
	Kráľová	785	01/2008	4. lvs
	Donovaly/Šachtičky	1 094	07/2008	6. lvs
	V. Tatry - Štart	1 144	01/2011	6. lvs
	Predná Poľana	1 264	05/2017	7. lvs
Skalnaté Pleso	1 561	09/2013	8. lvs	

Na obrázku 2 sú prezentované ukážky rôznych spôsobov mapového a grafického zobrazovania operatívnych dát, buď ako aktuálne hodnoty za poslednú hodinu alebo priebehy prvkov za užívateľom voliteľné obdobie v kroku od 1 dňa až po 1 rok. Okrem toho sú všetky prenášané údaje ukladané v centrálnom úložisku a pod záložkou Archív je možné zdrojové údaje v ľubovoľnom časovom rozpätí stiahnuť do počítača (heslom chránený užívateľský prístup). Rovnako je možné získať prístup k denným agregovaným charakteristikám pre potreby vlastných analýz.

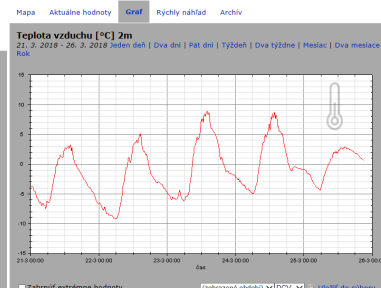
Mapa staníc a aktuálna teplota



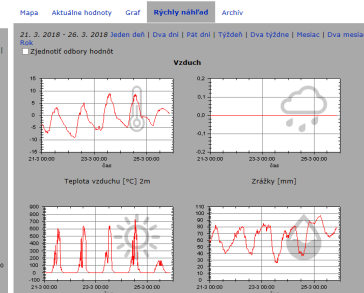
Arborétum Kysihýbeľ [510 m n. m.]



Arborétum Kysihýbeľ [510 m n. m.]



Arborétum Kysihýbeľ [510 m n. m.]



Obrázok 2. Rôzne spôsoby zobrazovania operatívnych meteorologických údajov vysielaných každú hodinu cez internet na web lesníckeho meteorologického monitoringu

Tabuľka 2. Merané a odvodené meteorologické veličiny na staniciach LMM

	Meteorologické veličiny	Jednotky	Výška merania
Merané meteorologické veličiny	Globálne žiarenie	W.m ⁻²	2 m
	Teplota vzduchu	°C	2 m
	Teplota pôdy *	°C	-0,1 m
	Prízemná teplota*	°C	-
	Relatívna vlhkosť vzduchu	%	2 m
	Zrážky **	mm	1 m
	Smer vetra***	deg. °	2 alebo 10 m
	Rýchlosť vetra***	m.s ⁻¹	2 alebo 10 m
Ovodené veličiny	Potenciálna evapotranspirácia	mm.h ⁻¹	-
	Sýtostný doplnok	Pa	-
	Tlak pár	Pa	-
	Rosný bod	°C	-
	Absolútna vlhkosť	g.m ⁻³	-
	Požiarový index	-	-
	Klimatická vodná bilancia	mm	-

* Teplota pôdy, prízemná teplota, smer a rýchlosť vetra sú merané len na vybraných staniciach

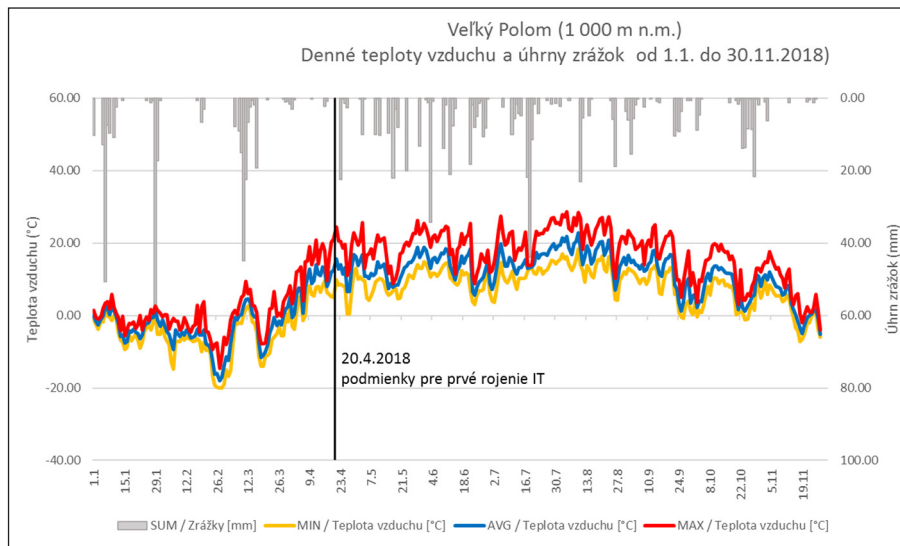
** Zrážkomer nie je vyhrievaný, presnosť meraní je garantovaná len v prípade kvapalných zrážok.

Využitie operatívnych meteorologických údajov v ochrane lesa

V súčasnosti sú vietor a hmyz najčastejšími faktormi zodpovednými za nárast poškodenia až rozpad lesov na Slovensku (Kunca et al. 2018). Najmä smrekové porasty či už na nepôvodných, ale aj pôvodných stanovištiach čelia mimoriadne zaťažkávajúcej skúške z dôvodu premnoženia podkôrneho hmyzu, najmä lykožrúta smrekového, ktorý podľa mnohých autorov nachádza v porastoch po rozsiahlych vetrových kalamitách ideálne podmienky pre svoj vývoj (Wermelinger 2004; Faccoli 2009; Fleischer et al. 2017). Životné procesy lykožrúta smrekového ako výrazne ektotermného organizmu sú významne závislé od teploty okolitého prostredia, ktorá riadi priebeh celého ontogenetického cyklu od kladenia vajčiek, cez larvu, kuklu až po dospelého jedinca (Wermelinger & Seifert 1999). V dôsledku klimatickej zmeny, rastúcich teplôt vzduchu a predĺžovania vegetačnej sezóny, je už dnes dostatok vedeckých dôkazov o tom, že dochádza k zvýšeniu počtu založených generácií a teda k posunu od univoltinizmu (1 generácia) k multivoltinizmu (Fleischer et al. 2016). O poznatok závislosti vývojových štádií lykožrúta smrekového od klimatických podmienok sa opiera aj fenologický model PHENIPS, ktorý na základe teploty floému umožňuje sledovať priebeh vývojových štádií a počet generácií lykožrúta smrekového v priebehu roka (Baier et al. 2007).

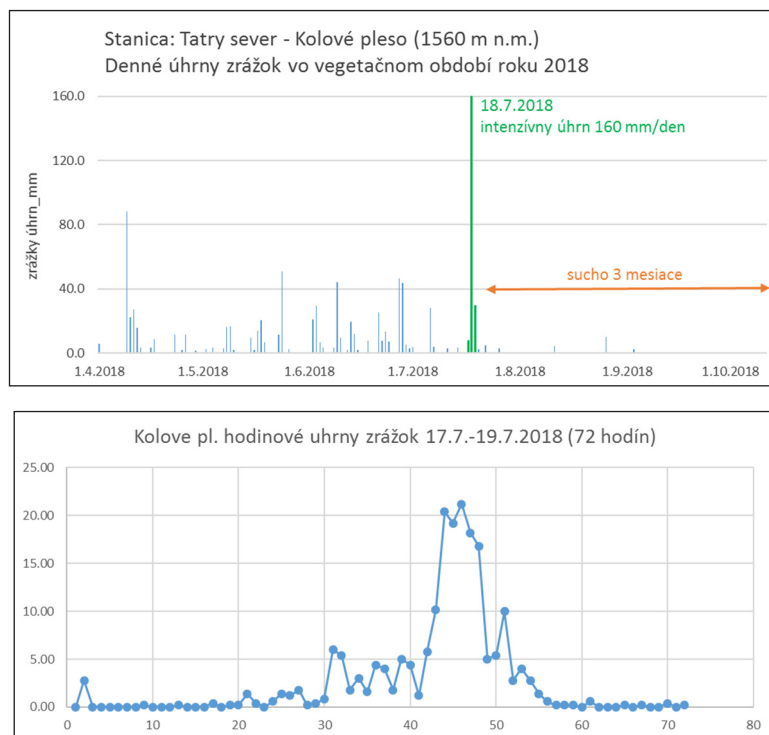
Operatívne informácie z lesníckeho meteorologického monitoringu a regionálnych staníc založených v smrekových regiónoch (Kysuce, Tatry) je možné v ochrane lesa využiť pre sledovanie aktuálnych, najmä teplotných a radiačných, podmienok vonkajšieho prostredia, ktoré sú pre odštartovanie prvého jarného rojenia lykožrúta smrekového kľúčové. Ukážkou spracovania aktuálnych dát o teplotných a zrážkových pomeroch na lokalite v Národnej prírodnej rezervácii Veľký Polom (Kysuce) je vývoj denných hodnôt prezentovaný na obrázku 3. Podľa analýzy 10 minútových údajov, bolo možné odvodiť, že v roku 2018 nastali vhodné podmienky pre prvé jarné rojenie 20. apríla 2018, kedy bolo dosiahnutá kumulatívna hodnota maximálnych denných teplôt vzduchu 145 °C (DD – degree days). Ako limitná hodnota dennej efektívnej teploty vzduchu bola pritom použitá úroveň denného maxima 7 °C (podľa Zúmr 1982; Fleischer et al. 2017). Zaujímavým zistením je, že na Kysuciach prevládalo v apríli 2018 mimoriadne teplé a suché počasie, kedy napríklad na klimatologickej stanici Čadca (456 m n. m.) dosiahli zrážky len 26 % z dlhodobého priemeru 1961 – 1990 a priemerná mesačná teplota vzduchu prekročila normál až o 5,3 °C (Zdroj: SHMÚ).

Ďalšou možnosťou využitia operatívnych údajov LMM v ochrane lesa, sú informácie o aktuálnych vlhkosťových pomeroch jednotlivých lokalít v danom roku. Na jednej strane má sledovanie rizika sucha nielen význam pre pestovanie reprodukčného materiálu pre umelú obnovu, ale je dôležitým faktorom aj pre vývoj prirodzenej obnovy lesov. Sucho je tiež faktorom, ktorý má preukazateľný súvis s vývojom hubových patogénov (napr. *Armillaria* spp.) v smrekových porastoch (Holuša et al. 2018). Priebeh jarného počasia má zase význam sledovať, nakoľko vyššia vlhkosť a chladné podmienky môžu indikovať premnoženie hubových ochorení, ktoré by eliminovali stav listožravých škodcov (napr. mnišky veľkohlavej), v prípade suchého a teplého počasia by naopak hrozil nárast početnosti tohto druhu (Kunca et al. 2018). Vo webaplikácii lesníckeho meteorologického monitoringu bol aktuálne doplnený ďalší parameter klimatická vodná bilancia (mm), ktorý operatívne indikuje potenciálne riziko sucha na danej lokalite. Počítaný je z rozdielu úhrnov zrážok a potenciálnej evapotranspirácie (Z-PET) bilancovaných na báze predchádzajúcich 30 dní.



Obrázok 3. Vývoj teplôt vzduchu a denných úhrnov zrážok na lokalite NPR Veľký Polom (1 000 m n. m., Kysuce) v roku 2018 a potenciálne podmienky pre prvé jaré rojenie IT (podľa Zumr 1982)

Opačným fenoménom sucha, ktorý nepriamo s ochranou lesa súvisí, je výskyt privalových zrážok, a s tým súvisiace povodne na tokoch v horských a lesných oblastiach, ktoré so sebou prinášajú nemalé škody. Aktuálnym príkladom sú povodňové udalosti z júla 2018, kedy v oblasti Tatier došlo ku značným škodám na cestách, turistických chodníkoch, tokoch a okolitých porastoch. Výsledky meraní našej meteorologickej stanice situovanej na hornej hranici lesa na lokalite Kolové pleso (1 560 m n. m.) ukázali, že za 72 hodín spadlo v tejto časti Tatier takmer 200 mm zrážok, pričom kritický úhrn bol zistený najmä 18. 7. 2018 (160 mm), s kulmináciou intenzity v čase od 17:00 približne do 02:00 nasledujúceho rána (19. 7. 2018). Z časového chodu denných úhrnov zrážok od začiatku vegetačného obdobia (1. 4. 2018) je zrejmé, že územie bolo dotované zrážkami kontinuálne počas celej sezóny. Naopak po tejto udalosti nastal opačný extrém a to v podobe nástupu takmer trojmesačného sucha, ktoré pretrvávalo minimálne do polovice októbra (obr. 4).



Obrázok 4. Intenzívny úhrn zrážok nameraný na hornej hranici lesa na lokalite Kolové pleso (1 560 m n. m.) počas ničivej povodne na severe Tatier. Chod denných úhrnov zrážok počas vegetačnej sezóny 2018 a priebeh hodinových úhrnov za 72 hodín, s kulmináciou intenzity 18. 7. 2018

Záver

Informácie a dáta získané systematickým meteorologickým monitoringom prispievajú k lepšiemu pochopeniu interakcií medzi meniacim sa stavom prízemnej vrstvy atmosféry a lesným ekosystémom v podmienkach novodobej zmeny klímy, umožňujú korektnějšíe interpretácie ekofyziologických procesov prebiehajúcich na úrovni porastu alebo v jednotlivých stromoch, umožňujú tiež detailné opísanie poveternostnej situácie v reálnom čase a identifikáciu výskytu extrémnych meteorologických situácií (početnosť a trvanie). Vysoko precízne dáta je možné využiť v modelovaní procesov na úrovni experimentálneho porastu a v následnom hodnotení vplyvu klimatických extrémov na rast a produkciu lesných porastov, vodný režim a biogeochemické toky látok. Širšia laická i odborná verejnosť, študenti, ale aj praktickí obhospodarovatelia lesa majú možnosť aktívne využívať služby lesníckeho meteorologického portálu a to cez voľný prístup k operatívnym údajom a podporným informáciám o aktuálnych prírodných rizikách v ich okolí (napr. sucho, vlny horúčav, riziko požiaru, extrémne zrážkové úhrny, neskoré mrazy, podmienky pre premnoženie hmyzích škodcov a výskyt hubových ochorení).

Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-16-0325, Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied na základe zmluvy č. VEGA 1/0367/16 a v rámci projektu ŠF EÚ, ISSOP, ITMS 26220220066 (20 %), APVV-17-0644.

Literatúra

- Alfieri, L., Burek, P., Feyen, L., Forzieri, G., 2015: Global warming increases the frequency of river floods in Europe. *Hydrological and Earth System Sciences*, 19: 2247–2260.
- Allen, C. D., Breshears, D. D., McDowell, N. G., 2015: On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 6: art129.
- Baier, P., Pennerstofer, J., Schopf, A., 2007: PHENIPS – a comprehensive phenology model of *Ips typographus* as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249: 171–186.
- Faccocoli, M., 2009: Effects of weather on *Ips typographus* phenology, voltinism and associated spruce mortality. *Environmental Entomology*, 38: 307–316.
- Fleischer, P., Fleischer, P. ml., Ferenčík, J., 2016: Kol'ko generácii môže mať lykožrút smrekový v Tatrách? In: Kunca, A. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2016, zborník referátov z 25. ročníka medzinárodnej konferencie, 21. a 22. januára 2016 v Novom Smokovci. Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, s. 106–111.
- Fleischer, P., Fleischer, P., Ferenčík, J., Hlaváč, P., Kozánek, M., 2016: Elevated bark temperature in unremoved stumps after disturbances facilitates multi-voltinism in *Ips typographus* population in a mountainous forest. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 62: 15–22.
- Fleischer, P., Fleischer, P., Homolová, Z., 2017: Použitie fenologických modelov v prostredí GIS pre odhad vývoja populácie lykožrúta smrekového. In: Hlaváč, P. (ed.): Ochrana lesa 2017 – Extrémy v lesných porastoch a ich odolnostný potenciál. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 118 s.
- Holuša, J., Lubojacký, J., Čurn, V., Tonka, T., Lukášová, K., Horák, J., 2018: Combined effects of drought stress and *Armillaria* infection on tree mortality in Norway spruce plantations. *Forest Ecology and Management*, 427: 434–445.
- IPCC, 2014: Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M. et al., 2014: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14: 563–578.
- Kunca, A. et al., 2018: Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska v roku 2017 a prognóza ich vývoja na rok 2018. Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, 82 s.

- Mehl, G., Tebaldi, C., 2004: More Intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305: 994–997.
- Pavlena, P., Pajtk, J., Priwitzer, T. et al., 2014: Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, 143 s.
- Raffa, K. et al., 2008: Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58: 501–518.
- Schelhaas, M., Nabuurs, G., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9: 1620–1633.
- Seidl, R. et al., 2017: Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7: 395–402.
- Seidl, R., Rammer, W., Spies, T. A., 2014: Disturbance legacies increase the resilience of forest ecosystem structure, composition, and functioning. *Ecological Applications*, 24: 2063–2077.
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lexer, M. J., 2011: Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17: 2842–2852.
- Senf, C., Pflugmacher, D., Zhiqiang, Y. et al., 2018: Canopy mortality has doubled in Europe´s temperate forests over the last three decades. *Nature Communications*, 9: 4978.
- Střelcová, K., Leštianska, A., Sitková, Z., Vido, J., Nalevanková, P., Škvarenina, J., 2017: Monitoring bioklimatických podmienok lesných vegetačných stupňov Slovenska. In: Sitková, Z., Pavlena, P. (eds.): Dlhodobý ekologický výskum a monitoring lesov: súčasné poznatky a výzvy do budúcnosti. Zborník recenzovaných príspevkov z konferencie Eko-Mon 2017, 7. – 8. 11. 2017 vo Zvolene, Zvolen, NLC – LVÚ Zvolen, s. 121–125.
- Wermelinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202: 67–82.
- Wermelinger, B., Seifert, M., 1998: Analysis of temperature dependent development of spruce bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*, 122: 185–191.
- Zumr, V., 1982: Podklady pro prognózu rojení kůrovcu na smrku. Sbor. ČSAV, Lesnictví, 28, p. 941–960.

Ing. Zuzana Sitková, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, 960 92 Zvolen
e-mail: sitkova@nlcsk.org, tel.: +421 45 5314 158