

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0325**  
**Extrémne prejavy zmeny klímy a ich dopady na rast a produkciu lesných porastov**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Zuzana Sitková, PhD.**  
Príjemca **Národné lesnícke centrum**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Národné lesnícke centrum - hlavná riešiteľská organizácia  
Technická univerzita vo Zvolene - spoluriešiteľská organizácia

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na riešení projektu nespupracovalo ako oficiálny zazmluvnený partner žiadne zahraničné pracovisko. Ďalšie formy medzinárodnej spolupráce pri vecnom riešení projektu uvádzame v formulári Výstupy a prínosy projektu (VPP).

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

V rámci riešeného projektu neboli udelené patenty a ani podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré by boli výsledkami projektu.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

\*

Sitková, Z.: New online web-application of forest meteorological monitoring in Slovakia. APOL, 2021, vol. 2, no. 1, p. 134–140

\*

Sitková, Z., Pavlenda, P., a kol. 2021: Nová online web-aplikácia lesníckeho meteorologického monitoringu na Slovensku. Realizačný výstup. Vydalo Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen v roku 2021, 37 strán

\*

Hlásny, T., Merganičová, K., Sitková, Z., Barka., I.: Pilotná štúdia hodnotenia uhlíkového cyklu v lesoch a možnosti využitia výstupov procesných modelov pre hodnotenie ekologických limitov a rizík v lesnom hospodárstve. Realizačný výstup. Vydalo Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen v roku 2021, 35 strán

\*

Hlásny, T., Merganičová, K., Sitková, Z., Pavlenda, P.: Forest management under climate change: From empirical to process-based approaches. APOL, 2021, vol. 2, no. 1, p.141–146

\*

Sitková Z, Sitko R, Vejpusťková M, Pajtík, J, Šrámek, V., 2018: Intra- and interannual variability in diameter increment of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* L. Karst. in relation to weather variables. Central European Forestry Journal 64:223–237. doi: 10.1515/forj-2017-0044

\*

Sitková, Z., Střelcová, K., Vido, J., 2020: Lesnícky meteorologický monitoring – operatívne údaje o počasí z lesných oblastí Slovenska. *Les & Letokruhy*, Ročník 76, júl-august 2020, str. 26 – 28.

\*

Sitková, Z., Leštianska, A., Střelcová, K., Fleischer, P. st., Fleischer, P. ml., Galko, J., 2019: Lesnícky meteorologický monitoring: možnosti využitia operatívnych dát v ochrane lesa. In: Kunca, A. (Ed.), *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2019. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie konanej 31.-1.2.2019 v Kongresovom centre Kúpeľov Nový Smokovec, a.s., Národné lesnícke centrum, Zvolen*, s. 82-88.

\*

Sitková, Z., Pajtk, J., Borsányi, P., Snopková, Z., Sitko, R., Fleischer, P. jr., Pavlenda, P., 2019: Rast lesných drevín vo vzťahu ku klimatickým charakteristikám v období 1997 – 2017. *Zborník recenzovaných príspevkov 26th International Poster Day Transport Of Water, Chemicals And Energy In The Soil – Plant – Atmosphere System, November 6, 2019, Bratislava*

\*

Sitková, Z., Pajtk, J., Borsányi, P., Snopková, Z., Sitko, R., Fleischer, P. jr., Pavlenda, P., 2019: Rast lesných drevín vo vzťahu ku klimatickým charakteristikám v období 1997 – 2017. *Zborník recenzovaných príspevkov 26th International Poster Day Transport Of Water, Chemicals And Energy In The Soil – Plant – Atmosphere System, November 6, 2019, Bratislava*.

\*

Sitková, Z., Sitko, R., Ježík, M., Nalevanková P., 2017: Reakcia hrúbkového rastu duba zimného a buka lesného na hydrický stres. In: Sitková, Z., Pavlenda, P. (eds.): *Dlhodobý ekologický výskum a monitoring lesov: súčasné poznatky a výzvy do budúcnosti*. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 108–115

\*

Nalevanková, P., Sitková; Z., Kučera, J., Střelcová, K., 2020. Impact of water deficit on seasonal and diurnal dynamics of European beech transpiration and time-lag effect between stand transpiration and environmental drivers. *Water* 2020, 12, 3437. (IF=2.544)  
<https://doi.org/10.3390/w12123437>

\*

Nalevanková P, Ježík M, Sitková Z, Vido J, Leštianska A, Střelcová K. Drought and irrigation affect transpiration rate and morning tree water status of a mature European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest in Central Europe. *Ecohydrology*. 2018; e1958.

\*

del Río, M., Vergarechea, M., Hilmers, T.,...Sitková, Z., ...Tognetti, R., Pretzsch, H. 2021. Effects of elevation-dependent climate warming on intra- and inter-specific growth synchrony in mixed mountain forests. *Forest Ecology and Management* 479 (2021) 118587 (IF = 3.17) <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118587>

\*

Pretzsch, H., Hilmers, T., Biber, P.,...Sitková, Z.,...Zlatanov, T., Tognetti, R. 2020. Evidence of elevation-specific growth changes of spruce, fir, and beech in European mixed-mountain forests during the last three centuries. *Can. J. For. Res.* 50: 689–703 (2020) 703 (IF=1.812)  
<https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0368>

\*

Torresan, Ch., del Río, M., Hilmers, T., et al. 2020. Importance of tree species size dominance and heterogeneity on the productivity of spruce-fir-beech mountain forest stands in Europe. *Forest Ecology and Management* 457 (2020) 117716 (IF = 3.17)  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117716>

\*

Torresan, Ch., del Río, M., Hilmers, T., et al, 2019: Importance of tree species size dominance and heterogeneity on the productivity of spruce-fir-beech mountain forest stands in Europe. *Forest Ecology and Management* 457,17716, IF 3.126  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117716>

\*

Dobor, L., Hlásny, T., Werner, R., Zimová, S., Barka, I., Seidl, R. 2019. Is salvage logging effectively dampening bark beetle outbreaks and preserving forest carbon stocks? *Journal*

of Applied Ecology 57, 67-76. IF 5.78 <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13518>

\*

Lembrechts JJ, Aalto J, Ashcroft MB, ...Sitková, Z., ... Rossi, C., Nijs, I. et al. 2020. SoilTemp: A global database of near-surface temperature. *Global Change Biology* 2020; 26:6616–6629. (IF=8.555) <https://doi.org/10.1111/gcb.15123>

\*

Lembrechts, J., van den Hoogen, J., Aalto, J., Ashcroft, M., De Frenne, P., Kemppinen, J.,... Sitková, Z.,...Lenoir, J. Global maps of soil temperature. *Global Change Biology*. (First published 2021, December 29). <https://doi.org/10.1111/gcb.16060> (Impact factor: 10.863)

\*

Merganičová, K., Dobor, L., Hollos, R., Merganič, J., Barcza, Z., Kurjak, D., Novák, J., Sitková, Z., Fleischer, P., Marjanovic, H., Hidy, D., Střelcová, K., Hlásny, T.: Can we reach a sensible balance between generality of model parameters and accuracy of simulations?, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-10889, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-10889>, 2021.

\*

Barka, I., Bucha, T., Molnár, T., Móricz, N., Szomogyi, Z., Koreň, M., 2019: Suitability of MODIS-based NDVI index for forest monitoring and its seasonal applications in Central Europe, *Cent. Eur. For. J.* 65 (2019) 206–217. <https://doi.org/10.2478/forj-2019-0020>

\*

Barka, I., Priwitzer, T., Pavlenda, P., 2020: Carbon sequestration in living biomass of Slovak forests: recent trends and future projection. *Cent. Eur. For. J.* 66 (2020) 191–201

\*

Leštianska A., Fleischer P. Jr., Merganičová K., Fleischer P., Střelcová K., 2020: Influence of Warmer and Drier Environmental Conditions on Species-Specific Stem Circumference Dynamics and Water Status of Conifers in Submontane Zone of Central Slovakia. *Water* 12 (10), 2945, (IF: 2.54, quartil: Q2)

\*

Oravcová, Z., Vido, J., Homolák, M. 2021: Riziko sucha v bukovom ekosystéme v Bienskej doline počas vegetačnej sezóny 2017 a 2018. In Botyanszká, L., Vitková, J., (eds.): *Hydrological Processes in the Soil-Plant-Atmosphere System*. IH SAS, E-Book of peer-reviewed papers, s. 286–295

\*

Vido, J., Nalevanková P., Valach, J., Šustek, Z., Tadesse, T., 2019: Drought Analyses of the Horné Požitavie Region (Slovakia) in the Period 1966–2013. *Advances in Meteorology*, Volume 2019, Article ID 3576285, 10 pages, IF 1.577 <https://doi.org/10.1155/2019/3576285>

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Očakáva sa uplatnenie nadobudnutých poznatkov v odbornej praxi, v lesníckom a environmentálnom vzdelávaní, ako aj v ďalšom aplikovanom výskume. V rámci projektu boli uzatvorené dve Zmluvy o využití výsledkov riešenia projektu v praxi, a to so subjektami Štátne lesy TANAPu a Lesy SR, š.p.. Na základe týchto zmlúv boli odberateľom poskytnuté nasledovné výsledky: prístup do integrovanej siete staníc lesníckeho meteorologického monitoringu; operatívne informácie z on-line aplikácie lesníckeho biometeorologického monitoringu zamerané na hodnotenie rizík v lesných ekosystémoch vyplývajúcich zo zmeny klímy (sucho, požiare a pod.) a nakoniec zoznam výstupov vo forme odborných publikácií zameraných na riešenie problematiky. Nepriamo dotknutými odberateľmi výstupov riešenia a cieľovou skupinou užívateľov dát sú aj správcovia / vlastníci pozemkov, na ktorých sú lesnícke meteorologické stanice založené, ako aj obhospodarovatelia lesných porastov, kde prebieha dlhodobý výskum či experimentálne merania rôznych parametrov. Prenos poznatkov a dosiahnutých výsledkov projektu prebiehal kontinuálne počas celého projektu v rámci prierezovej popularizačnej etapy projektu a to s využitím širokej škály nástrojov diseminácie: vedecké, odborné aj popularizačné publikácie, prednášky na seminároch a konferenciách, v rámci formálneho aj neformálneho vzdelávania študentov a žiakov, školicou činnosťou, distribúciou informácií cez webové portály a sociálne siete, informačným letákom a podobne.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

V zmysle hlavného cieľa bola v rámci projektu vytvorená integrovaná web-aplikácia lesníckeho meteorologického monitoringu ForestWaeather, ktorá má slúžiť ako podporný prostriedok operatívneho hodnotenia prírodných rizík súvisiacich s extrémnymi signálmi novodobej zmeny klímy (vlny horúčav, sucho, hmyz, požiare). Tento otvorený a dynamický systém kontinuálneho zberu meteorologických dát prispieva k lepšiemu pochopeniu interakcií medzi meniacim sa stavom prízemnej vrstvy atmosféry a lesným ekosystémom. Analýza dlhodobých údajov monitoringu lesov o raste hlavných druhov drevín odhalila za posledné dve desaťročia významne klesajúci trend relatívneho prírastku na kruhovej základni u buka, smreka aj duba zimného, s poklesom najmä v rokoch s výskytom vlny horúčav a sucha (2003, 2006). Ekofyziologický výskum realizovaný v rokoch 2012 – 2019 v experimentálnom poraste Bienska dolina preukázal, že buk lesný je drevina citlivá na stres suchom. Nedostatok disponibilnej pôdnej vody sa prejavoval v zmenách obvodu kmeňa, v zásadnej limitácii procesu transpirácie a tiež zmenou sily závislosti medzi transpiračným prúdom a faktormi prostredia. Pretrvávajúce pôdne sucho spôsobovalo kumulatívne zmršťovanie (kontrakciu) kmeňov buka v priebehu dlhšieho obdobia, a tým obmedzenie rastu, resp. zníženie prírastku, čo sa výrazne prejavilo najmä v klimaticky extrémnych rokoch 2012, 2015 a 2018. Využitím techník strojového učenia (machine learning), konkrétne metód „support vector machine“ a „random forest“, boli v rámci modelovania vplyvu meteorologických faktorov, indikátorov sucha MDS a  $\Delta W$  (max. denná kontrakcia kmeňa a vodný deficit) na transpiračný prúd, za najvýznamnejších prediktorov určená potenciálna evapotranspirácia, globálna radiácia a sýtosťný doplnok. Procesné modelovanie cyklov uhlíka, vody a toku živín vo vybraných porastoch sa ukázalo byť ako spoľahlivý nástroj pre výskum vplyvu potenciálne meniacich sa environmentálnych podmienok prostredia na rast a vývoj ekosystémov. Pozitívnym signálom pre budúci progres monitoringu lesov je, že jeho databázy štruktúrou zodpovedajú požiadavkám procesne orientovaných ekosystémových modelov, čo ponúka nové možnosti prepojenia ekologického výskumu a praktického lesníckeho plánovania.

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

In accordance with the main goal, the project created an integrated web-application of forest meteorological monitoring ForestWaeather, which should serve as a support tool for operational assessment of natural risks related to extreme signals of the ongoing climate change (heat waves, drought, insects, fires). This open and dynamic system of continual collection of meteorological data contributes to better understanding of interactions between the changing near-ground atmospheric layer and a forest ecosystem. The analysis of long-term data from forest monitoring providing the information on the growth of main tree species revealed the decreasing trend of the relative basal area increment of beech, spruce, and pedunculate oak over the last two decades, while the reduction was apparent mainly in the years with heat waves and drought (2003, 2006). Eco-physiological research performed in the years 2012 - 2019 in the experimental forest stand Bienska dolina showed that common beech is a tree species sensitive to drought. The lack of available soil water was reflected in radial stem changes, in a substantial limitation of the transpiration process and also in the change in the correlation strength between the sap flow and environmental factors. Persistent soil drought caused cumulative shrinkage (contraction) of beech stems over a longer period, thus limiting or reducing growth, which was particularly pronounced in the years with extreme climate of 2012, 2015 and 2018. Using machine learning techniques, specifically the methods of "support vector machine" and "random forest" for modelling the impact of meteorological factors, drought indicators MDS and  $\Delta W$  (max. daily stem contraction and water deficit) on sap flow, we identified potential evapotranspiration, global radiation and vapour pressure deficit as the most important predictors. Process-based modelling of carbon, water and nutrients cycling in selected stands showed to be a reliable tool to analyse the impact of changing environmental conditions on the growth and development of ecosystems. The positive signal for the future progress of forest monitoring is that its databases meet the requirements of process-based ecosystem models, which brings new opportunities to link the ecological research and practical forestry planning.