



## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**APVV-18-0390**

**Rast a produkcia horských ekosystémov v podmienkach aridizácie klímy**

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Katarína Střelcová, PhD.**

Príjemca

**Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta  
Ústav Ekológie lesa SAV vo Zvolene

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

-

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

-

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

1. LEŠTIANSKA, Adriana - FLEISCHER, Peter - FLEISCHER, Peter - STŘELCOVÁ, Katarína - MERGANIČOVÁ, Katarína (2019) Intra-annual radial growth patterns of two species of Larix decidua and Abies alba in relation to water In: Pesquisa florestal brasileira = Brazilian journal of forest research = PFB. Special issue: abstracts of the XXV IUFRO world congress: Forest research and cooperation for sustainable development. - ISSN 1809-3647. - Vol. 39, Special issue (2019), p. 181. AFG

2. LEŠTIANSKA, Adriana - MERGANIČOVÁ, Katarína - FLEISCHER, Peter - FLEISCHER, Peter - STŘELCOVÁ, Katarína - SENKO, Martin. Growth and tree water status of conifers exposed to drier and warmer environmental conditions [abstract of poster] In: 5 BioHydrology [elektronický zdroj] : book of abstracts, 20th - 27th July, 2019 Valencia, Spain. Humans and nature / eds. Artemi Cerdà, Jesús Rodrigo-Comino. - [Valencia] : [University of Valencia], 2019. - P. 99 [pdf]. BFA

3. LEŠTIANSKA, Adriana - FLEISCHER, Peter - MERGANIČOVÁ, Katarína - FLEISCHER, Peter - STŘELCOVÁ, Katarína (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 <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/10/2945/htm> CCC, WOS, SCOPUS. In: Water [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4441. - Vol. 12, issue 10 (2020), art. no. 2945 [20 p.] [online]. (2020: 3.103 - IF, 3.229 - IF 5y, 55 - H-index, 0.718 - SJR, 3.17 - CPD, Q2 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC

4. LEŠTIANSKA, Adriana - FLEISCHER, Peter - FLEISCHER, Peter - MERGANIČOVÁ, Katarína - STŘELCOVÁ, Katarína (2020) Interspecific variation in growth and tree water status of conifers under water-limited conditions.

- [http://www.uh.sav.sk/Portals/16/vc\\_articles/2020\\_68\\_4\\_Lestianska\\_368.pdf](http://www.uh.sav.sk/Portals/16/vc_articles/2020_68_4_Lestianska_368.pdf) . - CCC, WOS, SCOPUS. In: Journal of hydrology and hydromechanics [elektronický zdroj] = JHH. - ISSN 0042-790X. - Vol. 68, no. 4 (2020), p. 368-381 [online]. (2020: 2.023 - IF, 2.048 - IF 5y, 25 - H-index, 0.784 - SJR, 2.52 - CPD, Q3 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
5. NALEVANKOVÁ, Paulína - SITKOVÁ, Zuzana - KUČERA, Jiří - STŘELCOVÁ, Katarína (2020) Impact of water deficit on seasonal and diurnal dynamics of European beech transpiration and time-lag effect between stand transpiration and environmental drivers In: Water [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4441. - Vol. 12, issue 12 (2020), art. no. 3437 [21 p.] [online] <https://doi.org/10.3390/w12123437> (2020: 3.103 - IF, 3.229 - IF 5y, 55 - H-index, 0.718 - SJR, 3.17 - CPD, Q2 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
6. HÚDOKOVÁ, Hana - JAMNICKÁ, Gabriela - KONŮPKOVÁ, Alena - FLEISCHER, Peter jr. - PETEK, Anja - PETRÍK, Peter - KURJAK, Daniel (2020) Fyziologická odozva PSII horských smrekových ekosystémov pozdĺž výškového gradientu In PREVEDA : interaktívna konferencia mladých vedcov 2020. Book of abstracts. - Bratislava : Občianske združenie Preveda, 2020, abstract no. 1932. ISBN 978-80-972360-6-9. Typ: AFH
7. JAMNICKÁ, Gabriela - KONŮPKOVÁ, Alena - FLEISCHER, Peter jr. - KURJAK, Daniel - PETRÍK, Peter - PETEK, Anja - HÚDOKOVÁ, Hana - FLEISCHER, Peter - HOMOLOVÁ, Zuzana - JEŽÍK, Marek - DITMAROVÁ, Ľubica (2020) Physiological vitality of Norway spruce (*Picea abies* L.) stands along an altitudinal gradient in Tatra National Park. In Central European Forestry Journal, 2020, vol. 66, iss. 4, s. 227-242. (2019: 0.241 - SJR, Q3 - SJR). ISSN 2454-034X. Dostupné na: <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0019> Typ: ADNB, WOS, SCOPUS ADN
8. HÚDOKOVÁ, Hana - PETRÍK, Peter - PETEK, Anja - KONŮPKOVÁ, Alena - LEŠTIANSKA, Adriana - STŘELCOVÁ, Katarína - KMEŤ, Jaroslav - KURJAK, Daniel (2022) Heat-stress response of photosystem II in five ecologically important tree species of European temperate forests In Biologia, 2022, vol. 77, p. 671-680. 2021: 1.653 - IF, Q3 - JCR, 0.339 - SJR, Q3 - SJR). ISSN 0006-3088. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00958-9> Typ: ADDA
9. JEŽÍK M., BLAŽENEC M., MEZEI P., SEDMÁKOVÁ D., SEDMÁK R., FLEISCHER JR. P., FLEISCHER P., BOŠEĽA M., KURJAK D., STŘELCOVÁ K., DITMAROVÁ Ľ. Influence of weather and day length on intra-seasonal growth of Norway spruce (*Picea abies* L. (Karst.)) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a natural montane forest. Canadian Journal of Forest Research 51 (12), 2021, pp. 1799-1810. DOI:10.1139/cjfr-2020-0067. ADC
10. BUCHHOLCEROVÁ, Anna - FLEISCHER, Peter - ŠTEFÁNIK, Dušan - BIČÁROVÁ, Svetlana - LUKASOVÁ, Veronika (2021) Specification of modified Jarvis model parameterization for *Pinus cembra*. <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/11/1388/htm> - CCC, WOS, SCOPUS In: Atmosphere [elektronický zdroj]. - ISSN 2073-4433. - Vol. 12, issue 11 (2021), art. no. 1388 [15 p.] [online]. (2021: 3.110 - IF, 3.222 - IF 5y, 46 - H-index, 0.692 - SJR, 3.12 - CPD, Q3 - JCR Best Q, Q2 - SJR Best Q). ADC
11. ORAVCOVÁ, Zuzana - VIDO, Jaroslav - HOMOLÁK, Marián (2021) Riziko sucha v bukovom ekosystéme v Bienskej doline počas vegetačnej sezóny 2017 a 2018 [https://d6scj24zvfbbo.cloudfront.net/464163c6c58a7760d10c2dc0e217449b/200000280-5b0475b04a/E-Book%20of%20Papers%20UH%20SAV%20\\_2021new2.pdf?ph=1778df732d](https://d6scj24zvfbbo.cloudfront.net/464163c6c58a7760d10c2dc0e217449b/200000280-5b0475b04a/E-Book%20of%20Papers%20UH%20SAV%20_2021new2.pdf?ph=1778df732d) In: Hydrological processes in the soil-plant-atmosphere system [elektronický zdroj] : book of peer-reviewed papers / eds. Lenka Botyanszká, Justína Vítková ; revs. Peter Šurda ... [et al.]. - Bratislava : Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, 2021. - ISBN 978-80-89139-50-7. - P. 286-295 [e-book]. AED
12. NALEVANKOVÁ, Paulína - KUČERA, Jiří - SITKOVÁ, Zuzana - STŘELCOVÁ, Katarína (2021) Monitoring of tree sap flow and estimation of beech stand transpiration as the major component of the passive part of ecosystems' water balance [https://d6scj24zvfbbo.cloudfront.net/464163c6c58a7760d10c2dc0e217449b/200000280-5b0475b04a/E-Book%20of%20Papers%20UH%20SAV%20\\_2021new2.pdf?ph=1778df732d](https://d6scj24zvfbbo.cloudfront.net/464163c6c58a7760d10c2dc0e217449b/200000280-5b0475b04a/E-Book%20of%20Papers%20UH%20SAV%20_2021new2.pdf?ph=1778df732d) In: Hydrological processes in the soil-plant-atmosphere system [elektronický zdroj] : book of peer-reviewed papers / eds. Lenka Botyanszká, Justína Vítková ; revs. Peter Šurda ... [et al.]. - Bratislava : Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, 2021. - ISBN 978-80-89139-50-7. - P. 59-70 [e-book]. AED
13. MAREŠOVÁ, Jana - HÚDOKOVÁ, Hana - SARVAŠOVÁ, Lenka - FLEISCHER, Peter jr. - DITMAROVÁ, Ľubica - BLAŽENEC, Miroslav - JAMNICKÁ, Gabriela (2022) Dynamics of internal isoprenoid metabolites in young *Picea abies* (Norway spruce) shoots during drought

- stress conditions in springtime. In *Phytochemistry*, 2022, vol. 203, art. no. 113414. (2021: 4.004 - IF, Q1 - JCR, 0.763 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 0031-9422. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113414> ADC
14. PETRÍK, Peter - PETEK PETRÍK, Anja - KURJAK, Daniel - MUKARRAM, Mohammad - KLEIN, Tamir - GÖMÖRY, Dušan - STŘELCOVÁ, Katarína - FRÝDL, Josef - KONŮPKOVÁ, Alena (2022) Interannual adjustments in stomatal and leaf morphological traits of European beech (*Fagus sylvatica* L.) demonstrate its climate change acclimation potential - CCC, WOS, SCOPUS. In: *Plant biology*. - ISSN 1435-8603. - Vol. 24, no. 7 (2022), p. 1287-1296. (2021: 3.877 - IF, 3.416 - IF 5y, 92 - H-index, 0.807 - SJR, 3.84 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
15. HÚDOKOVÁ, Hana - KONŮPKOVÁ, Alena - FLEISCHER, Peter jr. - PŠIDOVÁ, Eva - JEŽÍK, Marek - JAMNICKÁ, Gabriela - DITMAROVÁ, Ľubica (2022) Vplyv teplotného stresu a sucha na sadenice smreka obyčajného s rôznym pôvodom = Impact of heat and temperature stress on Norway spruce seedlings with different origins. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2022. Proceedings of scientific articles*. 1. vyd. - Praha ; Zvolen : Česká zemědělská univerzita v Praze : Ústav ekologie lesa Slovenskej akadémie vied v. v. i., 2022, s. 81-86. ISBN 978-80-89408-36-8. (Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2022 : Conference) Typ: AFC
16. ORAVCOVÁ, Zuzana - VIDO, Jaroslav (2022). Understanding the complexity of drought within the soil profile in beech ecosystems on their lower altitudinal limit in Slovakia CCC, WOS, SCOPUS. *Water [elektronický zdroj]*. - ISSN 2073-4441. - Vol. 14, issue 9 (2022), art. no. 1338 [17 p.] [online]. (2021: 3.530 - IF, 3.628 - IF 5y, 69 - H-index, 0.716 - SJR, 3.47 - CPD, Q2 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
17. DEL RÍO, Miren - PRETZSCH, Hans - RUÍZ-PEINADO, Ricardo - JACTEL, Hervé - COLL, Lluís - LÖF, Magnus - FABRIKA, Marek - SITKO, Roman - BRAVO-OVIEDO, Andrés (2022) Emerging stability of forest productivity by mixing two species buffers temperature destabilizing effect In: *Journal of applied ecology*. - ISSN 0021-8901. - Vol. 59, issue 11 (2022), p. 2730-2741. (2021: 6.865 - IF, 7.820 - IF 5y, 192 - H-index, 2.080 - SJR, 6.35 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
18. LEŠTIANSKA, Adriana - STŘELCOVÁ, Katarína - VÁLKOVÁ, Miriam (2022) Analysis of the hydrometeorological conditions based on 10-year forest biometeorological monitoring in the region of Central Slovakia: <https://www.dagri.unifi.it/upload/sub/ricerca/conferenze/erb2020/abstract/BOOK%20OF%20ABSTRACTS%20ERB2022.pdf> In: *Book of abstracts [elektronický zdroj] : Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins : 18th biennial conference ERB 2022, Portoferraio, Elba Island (Italy), 07-10 June 2022*. - Firenze : Università degli Studi di Firenze, 2022. - P. 15 [online]. BFA
19. VIDO, Jaroslav - NALEVANKOVÁ, Paulína - MAREČEKOVÁ, Mariana - ELIAŠOVÁ, Nikola (2022) Dynamics of soil water potential in the territory affected by deep brown coal mining in the Upper Nitra coal basin (Slovakia) <https://www.dagri.unifi.it/upload/sub/ricerca/conferenze/erb2020/abstract/BOOK%20OF%20ABSTRACTS%20ERB2022.pdf> In: *Book of abstracts [elektronický zdroj] : Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins : 18th biennial conference ERB 2022, Portoferraio, Elba Island (Italy), 07-10 June 2022*. - Firenze : Università degli Studi di Firenze, 2022. - P. 83 [online]. BFA
20. BOŠELÁ, Michal - MERGANIČOVÁ, Katarína - TORRESAN, Chiara - CHERUBINI, Paolo - FABRIKA, Marek - HEINZE, Berthold - HÖHN, Mária - KAŠANIN-GRUBIN, Milica - KLOPČIČ, Matija - MÉSZÁROS, Ilona - PACH, Maciej - STŘELCOVÁ, Katarína - TEMPERLI, Christian - TONON, Giustino - PRETZSCH, Hans - TOGNETTI, Roberto (2022). Modelling future growth of mountain forests under changing environments. Chapter 7 / In: *Climate-smart forestry in mountain regions* / eds. Roberto Tognetti, Melanie Smith, Pietro Panzacchi. - Cham : Springer, 2022. - (Managing forest ecosystems ; Vol. 40). - ISBN 978-3-030-80766-5. - P. 223-262 [3,32 AH].
21. LEŠTIANSKA, Adriana - STŘELCOVÁ, Katarína - FLEISCHER, Peter (2023) Hodnotenie bilancie vody v systéme pôda-rastlina-atmosféra na základe monitoringu zmien obvodu kmeňov [https://www.ih.cas.cz/wp-content/uploads/2023/02/HMP2023\\_Sbornik.pdf](https://www.ih.cas.cz/wp-content/uploads/2023/02/HMP2023_Sbornik.pdf). In: *Hydrologie malého povodí 2023 [elektronický zdroj]* / eds. Soňa Hnilicová, Miroslav Tesař. - Praha : Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 2023. - ISBN 978-80-87117-22-4. - S. 100-108 [online]. AFC

22. LEŠTIANSKA, Adriana - FLEISCHER, Peter - MERGANIČOVÁ, Katarína - FLEISCHER, Peter - NALEVANKOVÁ, Paulína - STŘELCOVÁ, Katarína (2023) Effect of provenance and environmental factors on tree growth and tree water status of Norway. <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/1/156> CCC, WOS, SCOPUS. In: Forests [elektronický zdroj]. - ISSN 1999-4907. - Vol. 14, issue 1 (2023), art. no. 156 [31 p.] [online]. (2021: 3.282 - IF, 3.292 - IF 5y, 52 - H-index, 0.623 - SJR, 3.23 - CPD, Q1 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q). ADC
23. NALEVANKOVÁ, P., FLEISCHER, P. JR., MUKARRAM, M., SITKOVÁ, Z., STŘELCOVÁ, K. (2023) Sap Flow Modelling of European Beech (*Fagus sylvatica*) During Drought: Linear Models Can Compete with or Outperform Random Forest, Extreme Gradient Boosting, and Neural Networks. Water, Special issue Extreme Hydrometeorological Events and Forest Ecosystem Services under Changing Climate, <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/14/2525/pdf> ADC
24. BOŠELA Michal et al. (2023) Empirical and process-based models predict enhanced beech growth in European mountains under climate change scenarios: A multimodel approach. Science of The Total Environment Volume 888, 25 August 2023, 164123, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164123> ADC
25. NALEVANKOVÁ, Paulína, VIDO, Jaroslav, STŘELCOVÁ, Katarína, LEŠTIANSKA Adriana et al. (2023) Transpiračný prúd a transpirácia stromov ako významný komponent evapotranspirácie lesných ekosystémov: meranie a využívanie online prenosu vo vzdelávacom procese. Acta Facultatis Forestalis (prijaté do tlače pre rok 2023) ADN
26. STŘELCOVÁ, Katarína – LEŠTIANSKA, Adriana – LAPIN, Milan (2023) Sucho, stromy a rastliny. Les a Lesokruhy, Apríl 2023. s. 24-29 [www.lesmedium.sk](http://www.lesmedium.sk)
27. VIDO, Jaroslav (2023) Les v krajine a voda v lese. Les a Lesokruhy, Marec 2023, [www.lesmedium.sk](http://www.lesmedium.sk)
28. LEŠTIANSKA, Adriana – OSTRIHOŇ, Milan - ŠKVARENINA, Jaroslav (2023) Porovnanie meteorologicky odlišných rokov 202 a 2022 z pohľadu nebezpečenstva vzniku lesných požiarov v oblasti Banskobystrického kraja. Les a Lesokruhy, Máj 2023, s. 26-29 [www.lesmedium.sk](http://www.lesmedium.sk)

### Uplatnenie výsledkov projektu

Výskum a priebežné monitorovanie fyziologických a rastových reakcií na extrémny počasie môžu pomôcť lepšie pochopiť riziká a dopady sucha na rôzne druhy stromov, miesta pôvodu a lokality. Výsledky riešenia projektu bude možné využiť pri včasnom diagnostikovaní nepriaznivého stavu porastov lesných drevín, ktoré je nesmierne dôležité, najmä pre účinnejšie plánovanie možných nápravných opatrení. Projekt poskytuje aj ponuku vhodných metód a modelov, prípadne fyziologických parametrov, ktoré môžu byť na účely posúdenia vplyvu sucha na lesné porasty použité. Zvlášť cenné sú tie metódy a parametre, ktoré dokážu detekovať reakcie drevín ešte predtým, než sa dajú navonok rozoznať viditeľné zmeny, ako sú napr. nekrózy, depigmentácia a defoliácia asimilačných orgánov. Charakteristiky vychádzajúce zo stavu vody v rastline sú spoľahlivejšie, než údaje o obsahu vody v prostredí. Moderné digitálne automatické prístroje a získané údaje dlhodobým experimentálnym výskumom in-situ a lesných porastoch aj v laboratórnych podmienkach umožňujúce trvalý monitoring fyziologických procesov s krátkou časovou odozvou poskytujú možnosti na spresnenie reakcie drevín a posúdenie vzájomných interakčných vzťahov v systéme pôda – drevina – atmosféra.

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

Aridizácia klímy a zmeny v režime zrážok v strednej Európe ako jeden z hlavných faktorov ovplyvňujú rast a produkciu ekosystémov, transport látok a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra cez fyziologické, rastové a produkčné procesy. Očakávané zmeny klímy vyvolávajú zrejme celý rad zmien a disturbancií nielen v týchto procesoch, ale aj vo funkciách, zdravotnom stave a vo vývoji terrestrických ekosystémov temperátneho pásma. Projekt v tejto súvislosti poskytuje výsledky, analýzy a modely: i) procesov toku vody v terrestrických ekosystémoch, vodnú bilanciú, zrážkový režim, transpiráciu a evaporáciu a ich kvantifikáciu s ohľadom na význam vody v sekvestracii a výdaji CO<sub>2</sub> rastlinami a pôdou v procesoch fotosyntézy a respirácie ako súčasti tokov energie v ekosystéme, ii) vplyvu sucha ako stresového faktora pôsobiaceho na fyziologické procesy, rast a produkciu a

zdravotný stav cez príjem, hospodárenie a výdaj vody, fotosyntézu, respiráciu ekosystémov, iii) empirické aj procesné modely naznačujú, že buk v európskych pohoriach bude mať v priemere pravdepodobne lepšie rastové podmienky pri scenároch 4,5 aj 8,5 RCP. Aj keď niektoré empirické modely naznačovali pokles rastu na niektorých miestach, obidva modely založené na procese naznačili, že buk môže rásť lepšie v európskych horských lesoch 1,05 až 1,4 krát v teplejších podmienkach. Modely založené na procesoch sú primárne ovplyvňované klímou, kde sa ukázalo, že empirické modely majú menší vplyv na rast, čo môže čiastočne vysvetliť rozdiely medzi prístupmi.

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

Climate aridisation and changes in precipitation distribution, as one of the main factors, influences growth and production of ecosystems, transport of nutrients and energy in the system soil – plant – atmosphere via physiological, production processes. The expected climate changes most probably induce a whole set of changes and disturbances not only in these processes, but also in the functions, health conditions, and the development of terrestrial ecosystems of temperate zone. In this context the project primarily provides results, analysis and models of: i) processes of water flow in terrestrial ecosystems, water balance, precipitation regime, transpiration and evaporation, and their quantification with regard to the importance of water for CO<sub>2</sub> sequestration and release by plants and soil in the processes of photosynthesis and respiration representing parts of energy fluxes in ecosystems, ii) the impact of drought as a stress factor affecting physiological processes and their disturbances via water uptake, economy and release, photosynthesis, respiration of ecosystems, iii) influence of climate change on growth and production of forest trees and ecosystems. Both empirical and process models indicate that beech in European mountains is likely to have better growing conditions on average under both 4.5 and 8.5 RCP scenarios. Although some empirical models suggested a decline in growth in some locations, both process-based models suggested that beech may grow 1.05 to 1.4 times better in European mountain forests under warmer conditions. Process-based models are primarily driven by climate, which empirical models have shown to have less impact on growth, which may partly explain differences between approaches.