

TEPLOTA VZDUCHU A VLHKOST PŮDY VE VZTAHU K EXPOZICI A DŘEVINNÉ SKLADBĚ LESNÍHO POROSTU

AIR TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE IN RELATION TO EXPOSURE AND SPECIES COMPOSITION OF THE FOREST STAND

Jiří Novák¹, David Dušek¹, Jaroslav Rožnovský², Václav Zouhar¹, Dušan Kacálek¹,
Dušan Vavříček³, Ondřej Špulák¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

²Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Brno, Křoftova 2578/43, 616 67 Brno, Česká republika

³Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

Abstrakt

Výzkum mikroklimatu lesních porostů je vzhledem k rozmanitosti přírodních podmínek a druhové skladby lesů nezbytnou podmínkou pro správné nastavení adaptačních opatření na probíhající klimatickou změnu. Příspěvek přináší předběžné výsledky z nově zahajovaného sledování vlivu expozice a druhové skladby na porostní mikroklima. V ročním porovnání průměrných denních teplot vzduchu 2 m nad zemí a průměrné denní vlhkosti půd v hloubce 10 cm po povrchu byly zřejmé určité očekávané trendy (obecně tepleji na jihu a chladněji na severu, vlhčeji na severu než na jihu a vlhčeji pod listnáči než pod jehličnany). I z krátkodobého sledování však vyplynulo, že je třeba při hodnocení mikroklimatu vzít v potaz další faktory, jako jsou půdní vlastnosti, zápoj porostu apod. Toplánujeme provést při hodnocení dat získaných za delší časové období.

Klíčová slova: lesní mikroklima, jehličnany, listnáče

Abstract

Due to the diversity of natural conditions and species composition of forests, forest stand microclimate research is a necessary condition for the correct setting of adaptation measures to ongoing climate change. The paper presents preliminary results from the newly launched monitoring of the effect of exposure and species composition on the forest stand microclimate. In the annual comparison of average daily air temperatures 2 m above the ground and average daily soil moisture at a depth of 10 cm, certain expected trends were evident (generally warmer in the south and colder in the north, wetter in the north than in the south and wetter under broadleaf trees than under conifers). However, even from short-term monitoring it emerged that other factors, such as soil properties, canopy cover, etc., need to be considered when assessing the microclimate. We plan to do this when evaluating data obtained over a longer period.

Keywords: forest microclimate, coniferous, broadleaves

1 ÚVOD

Změny podnebí svými dopady ovlivňují i naše lesy. Prokazatelné je zvyšování teploty vzduchu nejen na našem území, ale jde o globální oteplení (Räisänen *et al.*, 2004). Předpokládá se, že globální teplota bude nadále stoupat a že tento vzestup bude v budoucnosti rychlejší. Současně s teplotou vzduchu jde o dlouhodobé hodnocení výskytu srážek. Na rozdíl od teplot vzduchu srážky podle některých autorů mohou být z hlediska ročních úhrnů stejné, případně se velmi

málo měnit (Rožnovský *et al.*, 2020). Kožuchowski a Marciniak (1990) předložili studii, podle níž v západní a severní Evropě srážky v poslední době rostou a porostou i nadále, v jižní a východní Evropě naopak klesají a klesat budou dále. Naše území leží v oblasti očekávaného poklesu. Tento trend byl potvrzen i dalšími výzkumy (Räisänen *et al.*, 2004). Ve vazbě s rostoucí teplotou mohou být častější období sucha. Prokazatelný je totiž stále častější deficit vláhové bilance (Rožnovský *et al.*, 2017).

Proměnlivost našeho podnebí je dána také vysokou dynamikou výskytu srážek, kdy jsou v určitém časovém úseku jejich úhrny mimořádně nízké a dochází k výskytům sucha, nebo naopak vysoké a dochází k povodním (Kyselý *et al.*, 2003). Důležité pro hodnocení našeho podnebí vzhledem k lesním porostům je důležité, že již neplatí hodnocení našeho podnebí podle Atlasu Podnebí ČSSR (1958) a Tabulek (HMÚ, 1961), ale neodpovídají posledním desetiletím ani podmínky podle Atlasu podnebí Česka (2007). Vliv těchto změn na mikroklima lesních porostů není ještě dostatečně prozkoumán. I když je známý pozitivní efekt lesního porostu na zmírňování dopadů změn klimatu (Zellweger *et al.*, 2019; Verheyen *et al.*, 2024), je v kontextu rozmanitosti podmínek, v jakých les roste, žádoucí, věnovat pozornost podrobnějšímu studiu této problematiky (De Frenne *et al.*, 2021).

Díky řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (QL24020351) byla v roce 2024 zahájena měření mikroklimatu v lesních porostech diferencovaně nejen podle lesních vegetačních stupňů (Novák *et al.*, 2024), ale i s ohledem na další faktory (expozice, dřevinná skladba). V tomto příspěvku jsme jako ukázkou charakteru získávaných dat zpracovali příklad vyhodnocení části jednoletých průběžných výsledků zaměřených na teplotu vzduchu a vlhkost půdy v porostech lišících se expozicí a druhem dřeviny.

2 MATERIÁL A METODY

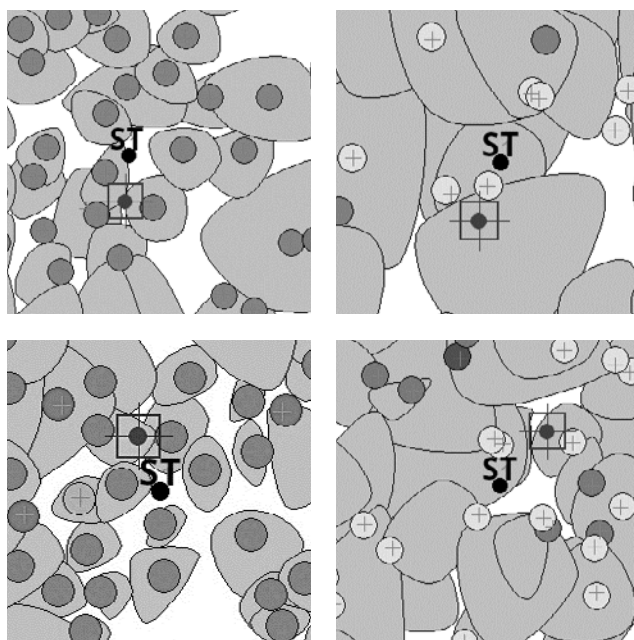
Pro účely sledování mikroklimatu byly vybrány celkem čtyři lesní porosty reprezentující severní a jižní expozici v dospělém jehličnatém a listnatém porostu (Tab. 1., Obr. 1.) v lokalitě Chlum v nadmořské výšce 330 až 340 m (majetek obhospodařovaný Lesy Colloredo-Mansfeld s.r.o.). Na každé lokalitě byla v dubnu 2024 instalována automatická meteorologická stanice MeteoUNI (Amet.cz)¹ s měřením teploty a vlhkosti vzduchu ve 2 m nad zemí a teploty a vlhkosti půdy v hloubkách 10, 20 a 50 cm v 15minutovém intervalu. Současně se zahájením měření byly odebrány i půdní vzorky z uvedených hloubek válečkovou metodou pro stanovení vybraných charakteristik (hydrolimity apod.). Pro účely tohoto sdělení jsme vybrali data za uplynulý rok

¹ AMET – sdružení Litschmann + Suchý. www.amet.cz

Tab. 1: Charakteristiky porostů s provedeným měřením v lokalitě Chlum
(Characteristics of the monitored stands in locality Chlum)

Lokalita (Locality)	Souřadnice (Coordinates)	SLT (Soubor lesních typů) Ecosite (according to Viewegh et al. 2003)	Dřeviny v porostu ¹ (Tree species in stand)
Jih listnatý ⁵	50.2711614N, 16.1603453E	2C <i>Fageto – Quercetum subxerothermicum</i>	LP, KL, JS
Jih jehličnatý ⁶	50.2712325N, 16.1591461E	2D <i>Fageto – Quercetum (acerosum) deluvium</i>	SM
Sever listnatý ⁷	50.2659308N, 16.1819447E	3B <i>Querceto – Fagetum mezo-eutrophicum</i>	LP, DB
Sever jehličnatý ⁸	50.2665619N, 16.1801619E	3B <i>Querceto – Fagetum mezo-eutrophicum</i>	SM

¹ LP – lípa/linden, KL – javor klen/sycamore maple, JS – jasan/ash, SM – smrk/spruce, DB – dub/oak



Obr. 1: Situace umístění stanic (ST) v lesních porostech (kmeny a průměty korun) – výřez 0,01 ha. Vlevo nahoře – jehličnatý (SM) porost severní expozice, vpravo nahoře – listnatý (LP) porost severní expozice, vlevo dole – jehličnatý (SM) porost jižní expozice, vpravo dole – listnatý (LP) porost jižní expozice

Obr. 2: Situation of station locations (ST) in forest stands (trunks and crown projections) – 0.01 ha section. Top left – coniferous (Spruce) stand of northern exposure, top right – deciduous (Linden) stand of northern exposure, bottom left – coniferous (Spruce) stand of southern exposure, bottom right – deciduous (Linden) stand of southern exposure

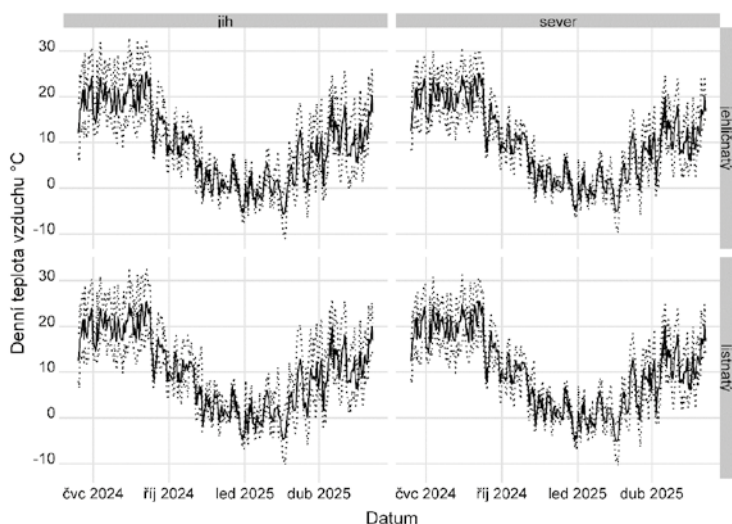
(červen 2024 až květen 2025) pro zvolené veličiny – teplota vzduchu ve 2 m nad zemí a vlhkost půdy v hloubce 10 cm pod povrchem. Vzhledem k dosud krátkému období sledování je hodnocení zaměřeno na prosté porovnání průměrných denních údajů (severní vs. jižní expozice a jehličnatý vs. listnatý porost). S podrobnější analýzou se počítá za delší časové období.

3 VÝSLEDKY

3.1 Teplota vzduchu ve 2 m nad zemí

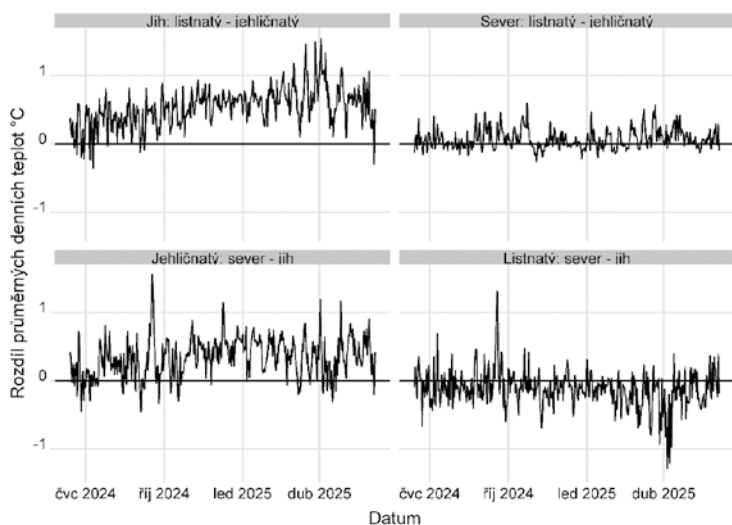
Ve všech čtyřech sledovaných porostech byl zaznamenán podobný průběh denních průměrů teplot s kulminací na konci léta a nejnižšími hodnotami v zimním období. Nejvyšší denní maxima přesáhla 30 °C a minima –10 °C (Obr. 2).

Z porovnání rozdílů průměrných denních teplot (Obr. 3) vyplynulo, že na jižní expozici bylo od září do května v listnatém porostu tepleji (až o 1,5 °C v denním průměru) než v jehličnatém. Tento trend nebyl na severní expozici potvrzen, zde se průměrné denní teploty mezi jehličnatým a listnatým porostem téměř nelišily. Zajímavá informace byla zjištěna porovnáním obou jehličnatých porostů, kdy na severní expozici byly zaznamenány vyšší průměrné denní teploty než na jižní. Z porovnání obou listnatých porostů vyplynul nejednoznačný trend mezi severní a jižní expozicí – pouze krátké epizody s teplejší severní expozicí v září 2024 a teplejší jižní v dubnu 2025.



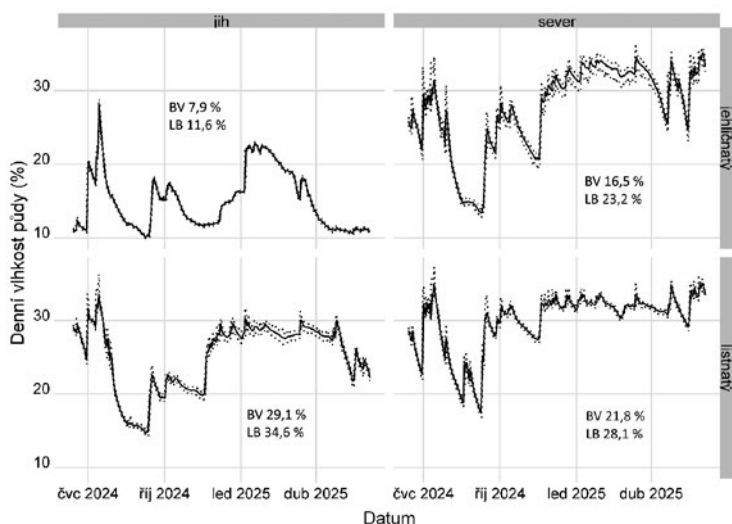
Obr. 3: Vývoj teploty vzduchu – denní průměr (plná čára) a denní maxima a minima (přerušovaná čára) na jižní expozici v jehličnatém (vlevo nahoře) a listnatém porostu (vlevo dole) a na severní expozici v jehličnatém (vpravo nahoře) a listnatém porostu (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Air temperature development – daily average (solid line) and daily maximum and minimum (dashed line) on southern exposure in coniferous (top left) and broadleaved stands (bottom left) and on northern exposure in coniferous (top right) and broadleaved stands (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025



Obr. 4: Rozdíly průměrných denních teplot mezi sledovanými porosty. Listnatý vs. jehličnatý porost na jižní expozici (vlevo nahoře) a na severní expozici (vpravo nahoře). Jehličnatý porost na severní vs. jižní expozici (vlevo dole) a listnatý porost na severní vs. jižní expozici (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Differences of daily average air temperatures between observed stands. Broadleaved vs. coniferous stand on southern exposure (top left) and on northern exposure (top right). Coniferous stand on northern vs. southern exposure (bottom left) and broadleaved stand on northern vs. southern exposure (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025



Obr. 5: Vývoj půdní vlhkosti v hloubce 10 cm – denní průměr (plná čára) a denní maxima a minima (přerušovaná čára) na jižní expozici v jehličnatém (vlevo nahoře) a listnatém porostu (vlevo dole) a na severní expozici v jehličnatém (vpravo nahoře) a listnatém porostu (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025. Uvedené jsou i průměrné hodnoty hydrolimitů (stanovených rozбором vzorků odebraných válečkovou metodou) pro půdy pod porosty v hloubce 10 cm (BV – bod vadnutí, LB – lentokapilární bod)

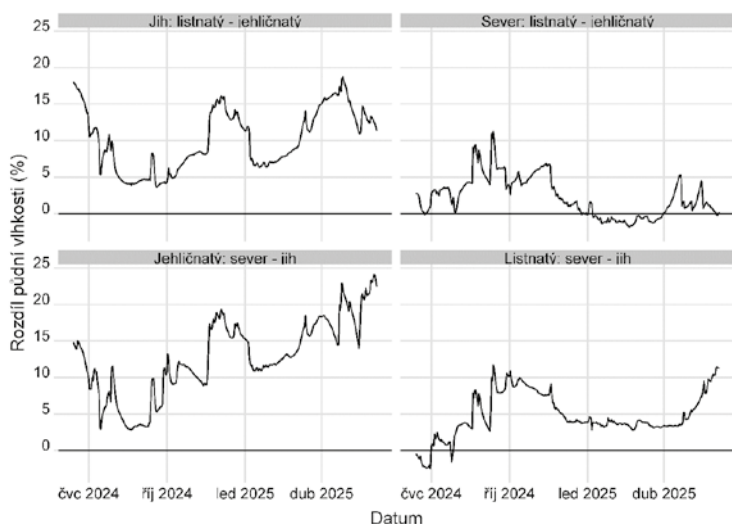
Development of soil moisture at 10-cm depth – daily average (solid line) and daily maximum and minimum (dashed line) on southern exposure in coniferous (top left) and broadleaved stands (bottom left) and on northern exposure in coniferous (top right) and broadleaved stands (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025. Mean values of hydrolimits (based on intact cylinder sample analysis) for soil under canopy at 10cm depth are also given (BV – wilting point, LB – lentokapilární point)

3.2 Vlhkost půdy v 10 cm pod povrchem

Vlhkost svrchní vrstvy půdy se ve sledovaném období pohybovala od 10 do 35 % (Obr. 4). Je zřejmé, že na jižní expozici byly hodnoty vlhkosti půdy nižší než na severní. Průběh hodnot ve sledovaném období je na hodnocených místech podobný až do března 2025, kdy se oproti severní expozici projevuje na jižní pokles vlhkosti půdy v jehličnatém porostu a následně i v porostu listnatém.

Na rozdíl od výše hodnocené charakteristiky (teploty vzduchu) je zde třeba vzít v úvahu vlastnosti půd, které nejsou pod sledovanými porosty zcela shodné (viz metodika). Pokud vztáhneme zjištěné hodnoty vlhkosti půdy k hydrolimitům (bod vadnutí a lentokapilární bod), zjistíme, že na jižní expozici je horší situace v hloubce 10 cm v listnatém porostu, tj. hodnoty celý rok pod lentokapilárním bodem a dlouhodobě i pod bodem vadnutí. Podstatně lépe je v této vrstvě přístupná voda pod smrkovým porostem (hlinité prostředí na rozdíl od jílovitého pod listnatým porostem) na této expozici, tj. poze na kratší období klesá pod lentokapilární bod a vůbec ne pod bod vadnutí. Na everní expozici je z tohoto pohledu podstatně lepší situace (bez dlouhodobějších poklesů pod bod vadnutí) jak u listnatého tak u jehličnatého porostu.

Z porovnání rozdílů půdní vlhkosti mezi sledovanými porosty (Obr. 5) je zřejmé, že v hloubce 10 cm bylo dlouhodobě vlhčeji na severní expozici než na jižní a také listnatém porostu než v jehličnatém. Svrchní vrstva půdy pod listnatým porostem byla na jižní expozici o 4 až 19 % vlhčí než pod jehličnatým porostem. Na severní expozici byla situace podobná, ale s menšími rozdíly (0 až 11 %). Při porovnání obou jehličnatých porostů bylo zjištěna vyšší vlhkost o 3 až 25 % na severní expozici než na jižní. Listnaté porosty se v tomto ohledu navzájem lišily méně (o 0 až 11 % ve prospěch severní expozice).



Obr. 6: Rozdíly denních průměrů půdní vlhkosti v hloubce 10 cm mezi sledovanými porosty. Listnatý vs. jehličnatý porost na jižní expozici (vlevo nahoře) a na severní expozici (vpravo nahoře). Jehličnatý porost na severní vs. jižní expozici (vlevo dole) a listnatý porost na severní vs. jižní expozici (vpravo dole) v období červen 2024 až květen 2025

Differences of daily average soil moisture at 10-cm depth between observed stands. Broadleaved vs. coniferous stand on southern exposure (top left) and on northern exposure (top right). Coniferous stand on northern vs. southern exposure (bottom left) and broadleaved stand on northern vs. southern exposure (bottom right) in the period of Jun 2024 – May 2025

4 DISKUSE A ZÁVĚR

Prezentované výsledky představují pouze dvanácti měsíční období, ze kterého logicky nelze vyvozovat jednoznačné závěry k porostnímu klimatu jehličnatých a listnatých porostů a vlivu jižní a severní expozice. Předběžné zhodnocení je však dobrým podnětem k posouzení všech vlivů na porostní klima. Mimo hodnocené expozice jsou důležité i charakteristiky půd a jejich podloží, jak ukázaly i hodnoty stanovených hydrolimitů. V tomto směru lze předpokládat zajímavější výsledky po zhodnocení situace i v hlubších vrstvách půdy (např. Tölgyesi *et al.*, 2020). Významnou roli pro mikroklima sehrává hustota porostů a dřevinné složení (např. Bélanger *et al.*, 2021, Zhang *et al.*, 2022). U stálezelených jehličnanů, zejména mělce kořenícího smrku potvrdili např. Kuželková *et al.* (2024) snižování půdní vlhkosti z důvodů vyšší intercepce a delšího období transpirace ve srovnání s bukem nebo modřínem. V porostech s větším zápojem jsou také zaznamenávány menší výkyvy sledovaných charakteristik (Christiansen *et al.*, 2022). Pokud jde o expozici, tak severní přináší většinou menší výkyvy než jižní, jak potvrzují Rita *et al.* (2021) pro bukové porosty v jižní Evropě.

Vztah mezi teplotou vzduchu pod porosty a vlhkostí půdy je ovlivňovaný řadou faktorů (zastínění půdy, výpar z půdy, transpirace rostlin apod.) a není stále dostatečně prozkoumán. I když jsou navržena některá modelová řešení (např. Gril *et al.*, 2022), je nutné další a dlouhodobější sledování, zejména v problematice vlhkosti půdy pod lesními porosty (Greiser *et al.*, 2024).

Na základě zjištěných průběžných dat z krátkodobého sledování lze konstatovat, že pro podrobnější hodnocení mikroklimatu bude třeba vzít v potaz i další faktory, jako jsou půdní vlastnosti, zápojem porostu apod. To je součástí i metodiky zmiňovaného projektu, která zahrnuje sledování charakteristik půdy i v hloubkách 20 a 50 cm. Pro další porovnání dat bude zajímavé vyhodnotit i vliv stavu olistění (listnáče vs. jehličnany) v různých částech roku, což bude předmětem zpracování dat získaných za delší časové období.

LITERATURA

- BÉLANGER N., COLLIN A., KHLIFA R., LEBEL-DESROSIERS S. 2021. Balsam Fir and American Beech Influence Soil Respiration Rates in Opposite Directions in a Sugar Maple Forest Near Its Northern Range Limit. *Frontiers in Forests and Global Change*. 4, 664584. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.664584>
- DE FRENNE, P., LENOIR, J., LUOTO, M., SCHEFFERS, B. R., ZELLWEGER, F., AALTO, J., ASHCROFT, M. B., CHRISTIANSEN, D.M., DECOCQ, G., DE PAUW, K., GOVAERT, S., GREISER, C., GRIL, E., HAMPE, A., JUCKER, T., KLINGES, D.H., KOELEMEEIJER, I.A., LEMBRECHTS, J. J., MARREC, R., MEEUSSEN, C., OGÉE, J., TYSTJÄRVI, V., VANGANSBEKE, P., HYLANDER, K. 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*. 27(11), 2279–2297. <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>
- DÍAZ-CALAFAT, J., URÍA-DIEZ, J., BRUNET, J., DE FRENNE, P., VANGANSBEKE, P., FELTON, A., ÖCKINGER, E., COUSINS, S.A.O., BAUHHUS, J., PONETTE, Q., HEDWALL, P.-O. 2023. From broadleaves to conifers: The effect of tree composition and density on understory microclimate across latitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*. 341, 109684. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109684>
- GREISER, C., HEDEROVÁ, L., VICO, G., WILD, J., MACEK, M., KOPECKÝ, M. 2024. Higher soil moisture increases microclimate temperature buffering in temperate broadleaf forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 345, 109828. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109828>
- GRIL, E., SPICHER, F., GREISER, C., ASHCROFT, M. B., PINCEBOURDE, S., DURRIEU, S., NICOLAS, M., RICHARD, B., DECOCQ, G., MARREC, R., LENOIR, J. 2023. Slope and equilibrium: A parsimonious and flexible approach to model microclimate. *Methods in Ecology and Evolution*. 14, 885–897. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14048>
- HMÚ. 1961. *Podnebí ČSSR – Tabulky*. Praha: HMÚ. 379 s.
- CHRISTIANSEN, D. M., IVERSEN, L. L., EHRLÉN, J., HYLANDER, K. 2022. Changes in forest structure drive temperature preferences of boreal understorey plant communities. *Journal of Ecology*. 110, 631–643. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13825>
- KOŽUCHOWSKI, K., MARCINIAK, K. 1990. Tendencje zmian temperatury i opadów w Europie środkowej w stuleciu 1881–1980. *Acta universitatis Nicolai Copernici, Geografia*. XXII, zesz. 73, 22–43.
- KUŽELKOVÁ, M., JAČKA, J., KOVÁŘ, M., HRADILEK, V., MÁČA, P. 2024. Tree trait-mediated differences in soil moisture regimes: a comparative study of beech, spruce, and larch in a drought-prone area of Central Europe. *European Journal of Forest Research*. 143, 319–332. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01628-y>
- KYSELÝ, J., KAKOS, V., POKORNÁ, L. 2003. Povodně a extrémní srážkové úhrny v ČR a jejich časová proměnlivost. In: ŠIŠKA, B., IGAZ, D., MUCHA, M. (eds.). *Bioklimatologické pracovní dny. Funkcia energetické a vodnej bilancie v bioklimatologických systémech*. Račková Dolina 2.-4. 9. 2003. SPU v Nitre, s. 6.
- NOVÁK, J., DUŠEK, D., ROŽNOVSKÝ, J., ZOUHAR, V., KACÁLEK, D., SMOLÍKOVÁ, R., VAVŘÍČEK, D. 2024. Sledování porostního klimatu v lesích pro predikci jeho vývoje v kontextu probíhající klimatické změny. In: BALÁŠ, M., GALLO, J., PODRÁZSKÝ, V. (eds.). *Pěstování lesů ve střední Evropě*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 156–167. Proceedings of Central European Silviculture, vol. 13. ISBN 978-80-213-3407-6
- RÄISÄNEN, J., HANSSON, U., ULLERSTIG, A., DÖSCHER, R., GRAHAM, L.P., JONES, C., MEIER, H.E.M., SAMUELSSON, P., WILLÉN, U. 2004. European climate in late twenty first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate dynamics*. 27, 13–31.
- RITA, A., BONANOMI, G., ALLEVATO, E., BORGHETTI, M., CESARANO, G., MOGAVERO, V., ROSSI, S., SAULINO, L., ZOTTI, M., SARACINO, A. 2021. Topography modulates near-ground microclimate in the Mediterranean *Fagus sylvatica* treeline. *Scientific Reports*. 11(1), 8122. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87661-6>
- ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F., FIALA, R., KOHUT, M. 2017. Vláhová bilance jako ukazatel dostupné vody v krajině. In: *Vodohospodářská konference Vodní nádrže 2017*. 3.–4. října 2017. Brno: Povodí Moravy, s. 97–100. ISBN 978-80-905368-5-2
- ROŽNOVSKÝ, J., STŘEŠTÍK, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P. 2020. The dynamics of annual and seasonal precipitation totals in the Czech Republic during 1961–2019. *Acta Hydrologica Slovaca*. 21(2), 197–203.
- TOLASZ *et al.* 2007. *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP)

- TÖLGYESI, C., TÖRÖK, P., HÁBENCZYUS, A.A., BÁTORI, Z., VALKÓ, O., DEÁK, B., TÓTHMÉRÉSZ, B., ERDŐS, L., KELEMEN, A. 2020. Underground deserts below fertility islands? Woody species desiccate lower soil layers in sandy drylands. *Ecography*. 43, 848–859. <https://doi.org/10.1111/ecog.04906>
- ÚSTŘEDNÍ SPRÁVA GEODÉZIE A KARTOGRAFIE. 1958. *Atlas podnebí Československé republiky*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie.
- VERHEYEN, K., GILLEROT, L., BLONDEEL, H., DE FRENNE, P., DE PAUW, K., DEPAUW, L., LORER, E., SANCZUK, P., SCHREEL, J., VANNESTE, T., WEI, L., LANDUYT, D. 2024. Forest canopies as nature-based solutions to mitigate global change effects on people and nature. *Journal of Ecology*. 112(11), 2451–2461. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14345>
- VIEWEGH, J., KUSBACH, A., MIKESKA, M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*. 49, 74–82.
- ZELLWEGER, F., COOMES, D., LENOIR, J., DEPAUW, L., MAES, S.L., WULF, M., KIRBY, K.J., BRUNET, J., KOPECKÝ, M., MÁLIŠ, F., SCHMIDT, W., HEINRICHS, S., DEN OUDEN, J., JAROSZEWICZ, B., BUYSE, G., SPICHER, F., VERHEYEN, K., DE FRENNE, P. 2019. Seasonal drivers of understorey temperature buffering in temperate deciduous forests across Europe. *Global Ecology and Biogeography*. 2(28), 1774–1786. <https://doi.org/10.1111/geb.12991>
- ZHANG, S., VERHEYEN, K., DE FRENNE, P., LANDUYT, D. 2022. Tree species mixing affects throughfall in a young temperate forest plantation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 327, 109220. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109220>

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu QL24020351 „Aktualizace Lesnicko-typologického klasifikačního systému včetně stanovení předpokládaného vývoje lesních vegetačních stupňů s vyhodnocením vlivu mezo a mikroklimatu s ohledem na probíhající klimatické změny a jejich predikce“ a podpory na rozvoj výzkumné organizace č. MZE-RO0123.

Kontakty | Contact Information

Jiří Novák: e-mail: novak@vulhmop.cz