

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0265****Modelovanie rastu drevín v lesných ekosystémoch Karpát pri variantných scenároch klimatických zmien**Zodpovedný riešiteľ **Ing. Michal Bošeľa, PhD.**Príjemca **Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita vo Zvolene

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. National Institute for Research and Development in Forestry "Marin Drăcea", Rumunsko
2. Department of Geography, University of Cambridge, UK
3. School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading, UK
4. IFER - Institute of Forest Ecosystem Research, Ltd., Česká Republika
5. FLD - Fakulta lesnícká a dřevařská ČZU v Praze, Česká Republika
6. Technical University of Munich
7. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid (INIA), Španielsko
8. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research at the Bulgarian Academy of Sciences, Bulharsko
9. a ďalšie inštitúcie zapojené aj do projektu COST "Climate Smart Forestry in Mountain Region" (CLIMO)

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

0

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

Bosela, M., Tumajer, J., Cienciala, E., Dobor, L., Kulla, L., Marčíš, P., Popa, I., Sedmák, R., Sedmáková, D., Sitko, R., Šebeň, V., Štěpánek, P., Büntgen, U., 2021. Climate warming induced synchronous growth decline in Norway spruce populations across biogeographical gradients since 2000. *Sci. Total Environ.* 752, 141794.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141794>

Pretzsch, H., Hilmers, T., Biber, P., Avdagić, A., Binder, F., Bončina, A., Bosela, M., Dobor, L., Forrester, D.I., Lévesque, M., Ibrahimspahić, A., Nagel, T.A., del Río, M., Sitkova, Z., Schütze, G., Stajić, B., Stojanović, D., Uhl, E., 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.

Pretzsch, H., Hilmers, T., Uhl, E., Bielak, K., Bosela, M., del Rio, M., Dobor, L., Forrester, D.I., Nagel, T.A., Pach, M., Avdagić, A., Bellan, M., Binder, F., Bončina, A., Bravo, F., de-Dios-García, J., Dinca, L., Drozdowski, S., Giammarchi, F., Hoehn, M., Ibrahimspahić, A., Jaworski, A., Klopčič, M., Kurylyak, V., Lévesque, M., Lombardi, F., Matović, B., Ordóñez, C., Petráš, R., Rubio-Cuadrado, A., Stojanovic, D., Skrzyszewski, J., Stajić, B., Svoboda, M., Versace, S., Zlatanov, T., Tognetti, R., 2020. European beech stem diameter grows better in mixed than in mono-specific stands at the edge of its distribution in mountain forests. *Eur. J. For. Res.* <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01319-y>

Santopuoli, G., Temperli, C., Alberdi, I., Barbeito, I., Bosela, M., Bottero, A., Klopčic, M., Lesinski, J., Panzacchi, P., Tognetti, R., 2020. Pan-European Sustainable Forest Management indicators for assessing Climate-Smart Forestry in Europe. *Can. J. For. Res.* <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0166>

del Río, M., Vergarechea, M., Hilmers, T., Alday, J.G., Avdagić, A., Binder, F., Bosela, M., Dobor, L., Forrester, D.I., Halilović, V., Ibrahimspahić, A., Klopčic, M., Lévesque, M., Nagel, T.A., Sitkova, Z., Schütze, G., Stajić, B., Stojanović, D., Uhl, E., Zlatanov, T., Tognetti, R., Pretzsch, H., 2021. Effects of elevation-dependent climate warming on intra- and inter-specific growth synchrony in mixed mountain forests. *For. Ecol. Manage.* 479, 118587. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118587>

Torresan, C., del Río, M., Hilmers, T., Notarangelo, M., Bielak, K., Binder, F., Boncina, A., Bosela, M., Forrester, D.I., Hobi, M.L., Nagel, T.A., Bartkowicz, L., Sitkova, Z., Zlatanov, T., Tognetti, R., Pretzsch, H., 2020. Importance of tree species size dominance and heterogeneity on the productivity of spruce-fir-beech mountain forest stands in Europe. *For. Ecol. Manage.* 457, 117716. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117716>

Alberdi, I., Bender, S., Riedel, T., Avitable, V., Boriaud, O., Bosela, M., Camia, A., Cañellas, I., Castro Rego, F., Fischer, C., Freudenschuß, A., Fridman, J., Gasparini, P., Gschwantner, T., Guerrero, S., Kjartansson, B.T., Kucera, M., Lanz, A., Marin, G., Mubareka, S., Notarangelo, M., Nunes, L., Pesty, B., Pikula, T., Redmond, J., Rizzo, M., Seben, V., Snorrason, A., Tomter, S., Hernández, L., 2020. Assessing forest availability for wood supply in Europe. *For. Policy Econ.* 111, 102032. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.102032>

Sidor, C. G., Bosela, M., Büntgen, U., & Vlad, R. (2018). Mixed effects of climate variation on the scots pine forests: Age and species mixture matter. *Dendrochronologia*, 52, 48-56.

Bosela, M., Lukac, M., Castagneri, D., Sedmák, R., Biber, P., Carrer, M., ... & Roibu, C. C. (2018). Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe. *Science of The Total Environment*, 615, 1460-1469.

Bosela, M., Kulla, L., Roessiger, J., Šebeň, V., Dobor, L., Büntgen, U., & Lukac, M. (2019). Long-term effects of environmental change and species diversity on tree radial growth in a mixed European forest. *Forest Ecology and Management*, 446, 293-303.

Sedmáková, D., Sedmák, R., Bosela, M., Ježík, M., Blaženec, M., Hlásny, T., & Marušák, R. (2019). Growth-climate responses indicate shifts in the competitive ability of European beech and Norway spruce under recent climate warming in East-Central Europe. *Dendrochronologia*, 54: 37-48.

Uplatnenie výsledkov projektu

1. rozšírenie poznatkov o raste a produkcii smreka, jedle a buka na gradiente nadmorskej výšky v Karpatoch
2. rozšírenie poznatkov o raste a produkcii smreka, jedle a buka na ekologických gradientoch v Európe
3. podklady pre strategický manažment lesov v SR v horských lesoch pre meniace sa

environmentálne podmienky

4. zapojenie nových poznatkov pri vyučovacom procese, najmä v predmetoch: a) Globálne klimatické zmeny a b) Hospodárska úprava lesov

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

Cieľom projektu bolo preskúmať dlhodobý a krátkodobý rast a produktivitu drevín smrek, jedľa a buk v Karpatoch a pokúsiť sa predikovať možný vývoj prírastkov týchto drevín v budúcnosti. Počas riešenia projektu sa nám podarilo rozšíriť medzinárodnú spoluprácu, vďaka ktorej sme vybudovali databázu dendrochronologických údajov obsahujúcu viac ako 6000 vzoriek nie len z Karpatského oblúku, ale aj z iných častí Európy. Výsledky vo všeobecnosti naznačili zlepšovanie rastu jedle a buka v Karpatoch ako aj v Európe. Avšak poukazujú na nepriaznivý vývoj rastu a produktivity smreka za ostatné storočie, najmä v ostatných dekádach. Jedľa v Karpatskom oblúku významne zvýšila svoju produktivitu po období utlmeného rastu vplyvom vysokých koncentrácií emisií v 50.-80. rokoch minulého storočia. Reakcie jedle na klímu ako aj jej dlhodobý rast však súvisia s jej postglaciálnym pôvodom a typom hospodárenia v minulosti. Spomedzi troch skúmaných drevín je jedľa najmenej citlivá na extrémny počasie a zatiaľ reaguje pozitívne na otepľovanie. Buk zaznamenal nárast produktivity za ostatné storočie, avšak výsledky naznačili pokles produktivity buka od roku 2000. Dendroekologické modely navyše naznačujú, že buk vo vysokých nadmorských výškach môže zlepšiť svoj rast dokonca aj pri RCP scenáre 8.5, no pravdepodobne dôjde k poklesu produktivity v nižších nadmorských výškach (pod 500 m n.m.). Populácia smreka v Karpatoch je ohrozená. Výsledky nám ukázali významný pokles produktivity po roku 2000 vplyvom niekoľkých extrémne suchých rokov, ktoré pravdepodobne spustili dlhodobé negatívne procesy. Pokiaľ ide o zmiernenie dopadov klimatických zmien na skúmané dreviny a lesné ekosystémy tvorené týmito drevinami, tak odporúčame zvýšiť podiel zmiešaných lesov. Čím väčšia je druhová diverzita, tým vyššia je produkcia (vyššie množstvo uhlíka uskladnené v lese) a najmä stabilita ekosystému voči rôznym disturbanciam. Odporúčame tiež vekovú a priestorovú diverzifikáciu lesov a využívanie prírody blízkyh postupov hospodárenia.

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

The project aimed at investigating the long- and short-term growth and productivity of spruce, fir and beech trees in the Carpathians and to try to predict the possible development of increments of these trees in the future. During the project, we managed to expand international cooperation, thanks to which we built a database of dendrochronological data containing more than 6,000 samples not only from the Carpathian Arc, but also from other parts of Europe. The results generally indicated an improvement in the growth of fir and beech in the Carpathians as well as in Europe. However, they point to unfavorable developments in spruce growth and productivity over the last century, especially in recent decades. Fir in the Carpathian Arc significantly increased its productivity after a period of subdued growth due to high concentrations of SO₂ emissions in the 50s-80s. years of the last century. However, fir's responses to the climate as well as its long-term growth are related to its postglacial origin and type of forest management in the past. Of the three species studied, fir is the least sensitive to weather extremes and so far responds positively to warming. Beech has seen an increase in productivity over the last century, but the results have indicated a decline in beech productivity since 2000. In addition, dendroecological models suggest that beech at high altitudes may improve its growth even in the case of RCP scenario 8.5, but productivity is likely to decline at lower altitudes (below 500 m above sea level). The spruce population in the Carpathians is endangered. The results showed a significant decline in productivity after 2000 due to several extremely dry years, which probably triggered long-term negative processes. Regarding the mitigation of the impacts of climate change on the studied tree species and forest ecosystems formed by these tree species, we recommend increasing the share of mixed forests. The greater the species diversity, the higher the production (higher amount of carbon stored in the forest) and especially the stability of the ecosystems against various disturbances. We also recommend age and spatial diversification of forests and the use of close-to-nature management practices.

