



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0319

Význam dlhodobého využívania krajiny človekom na pokles druhovej diverzity vegetácie temperátnych lesov v čase globálnych environmentálnych zmien.

Zodpovedný riešiteľ **Ing. František Máliš, PhD.**

Príjemca **Technická univerzita vo Zvolene**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita vo Zvolene

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

bez zahraničného pracoviska

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

žiadne patenty a podobne

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

- Hrivnák, R. et al. (2022). Competition for soil resources forces a trade-off between enhancing tree productivity and understory species richness in managed beech forests. *Science of The Total Environment*, 849, 157825.
- Kotrík, M. et al. (2023). Half a century of herb layer changes in Quercus-dominated forests of the Western Carpathians. *Forest Ecology and Management*, 544, 121151.
- Lembrechts, J. J. et al. (2022). Global maps of soil temperature. *Global Change Biology*, 28(9), 3110-3144.
- Máliš, F. et al. (2023). Microclimate variation and recovery time in managed and old-growth temperate forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109722.
- Segar, J. et al. (2022). Divergent roles of herbivory in eutrophying forests. *Nature Communications*, 13(1), 7837.
- Tinya, F. et al. (2023). A synthesis of multi-taxa management experiments to guide forest biodiversity conservation in Europe. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02553.
- Ujházy et al. 2024: Accelerating change of species composition and diversity in Carpathian beech forests over 55 years, *Forest Ecology and Management*, v tlači

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu priniesli nové poznatky v oblasti ľudského vplyvu na lesné ekosystémy, a to v rôznych časových horizontoch od dlhodobého vplyvu počas neskorého holocénu, až po súčasnú reakciu na prebiehajúce globálne environmentálne zmeny. Mnohé dosiahnuté výsledky boli publikované v medzinárodných vedeckých časopisoch.

Počas riešenia projektu bolo získaných mnoho nových údajov, ktoré budú využívané aj pri ďalšom výskume. Časť získaných údajov je zároveň súčasťou medzinárodných databáz, čím je zabezpečené ich využívanie na celosvetovej úrovni.

Dosiahnuté výsledky a poznatky zároveň svojím charakterom poskytujú hodnotný podklad pre praktické riešenia a opatrenia v ochrane prírody a lesníctve, čoho dôkazom je nadväzujúci aplikačný bilaterálny slovensko-maďarský projekt, ktorý implementuje výsledky projektu do reálneho obhospodarovania lesov na princípe prírody blízkyh prístupov. Nové poznatky sú zároveň súčasťou výučby rôznych predmetov a vzdelávacieho procesu pri záverečných bakalárskych, diplomových a doktorandských prácach na Technickej univerzite vo Zvolene.

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

Cieľmi projektu bolo i) overiť predpokladaný dlhodobý vplyv človeka na rozšírenie buka v oblasti ekotonu dubových a bukových lesov, ii) skúmať parciálny efekt rôznych javov patriacich pod globálne environmentálne zmeny na diverzitu lesnej vegetácie a iii) overiť akceleráciu zmien vegetácie v súvislosti s postupujúcimi zmenami prostredia a tlmiacim účinkom lesného porastu.

V rámci prvého cieľa sme prostredníctvom palynologických a antrakologických metód potvrdili dlhodobý vplyv využívania lesa človekom na drevinové zloženie lesov. Na základe výsledkov konštatujeme, že ľudská činnosť podmienila posun ekotonu medzi dubovými a bukovými lesmi do väčších nadmorských výšok a preto považujeme súčasnú expanziu buka do nižších polôh za dôsledok menej intenzívneho využívania dubín od 50-tych rokov minulého storočia.

Pri výskume parciálnych vplyvov globálnych environmentálnych zmien na lesné ekosystémy boli odhalené nové poznatky, vrátane zaujímavých interakcií. Preukázalo sa, že ku najväčším zmenám druhového zloženia a poklesu diverzity vegetácie dubín dochádza pri ich podrastaní tiennymi drevinami, hlavne hrabom, avšak ak sa štruktúra lesa týmto spôsobom nemení, dochádza ku procesu termofilizácie (posun ku teplomilnejším druhom) a eutrofizácie (posun ku na živiny náročnejším druhom), pričom pri vzájomnej interakcii týchto procesov dochádza k najvýraznejším zmenám v druhovom zložení. Kým termofilizáciu spôsobuje globálne otepľovanie, eutrofizácia nie je spôsobená len depozíciami dusíka, ale aj zvýšenými stavmi lesnej zveri. Dubové lesy sú pritom často vystavené intenzívnemu pôsobeniu divožijúcich zvierat, čo má za následok veľmi výrazný pokles rozmanitosti až takmer zánik charakteristickej vegetácie dubových lesov. Experimentálne aplikovanie historických foriem využívania lesa naopak preukázalo veľký potenciál pri obnove druhového zloženia vegetácie dubín a to aj napriek simulovaným vysokým vstupom dusíka do prostredia.

Prostredníctvom využitia rôznych údajov bola potvrdená akcelerácia zmien vegetácie bukových aj dubových lesov. K rýchlym zmenám dochádza najmä po znížení až strate tlmivého pôsobenia lesného porastu po narušení zápoja, ale lesná vegetácia sa v poslednom období mení rýchlejšie ako pred dvadsiatimi rokmi aj bez zmien v štruktúre porastu. Dôležitým výsledkom je aj poznatok, že rôzne javy môžu mať v rôznych podmienkach odlišne intenzívny efekt, pričom v kontinentálnejšej klíme, akou je aj územie Slovenska, dochádza pri narušení lesného porastu skôr ku posunom druhového zloženia ku suchotolerantným a nie teplomilným druhom.

Dosiahnuté výsledky boli publikované v 19 vedeckých článkoch medzinárodných časopisov a na ďalších sa pracuje. Nové poznatky boli šírené aj formou prednášok na podujatiach pre odborníkov aj praktikov v oblasti ochrany prírody a lesného hospodárstva.

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

The aims of the project were i) to verify the expected long-term human impact on the distribution of beech in the ecotone between oak and beech forests, ii) to investigate the partial effects of various drivers of global environmental changes on the forest vegetation diversity and iii) to verify the acceleration of vegetation changes associated with ongoing environmental changes and the buffering effect of the forest canopies.

Within our first aim, we confirmed the long-term impact of human forest-use on the tree species composition of forests using palynological and anthracological methods. Based on

the results, we conclude that human activities caused the shift of the ecotone between oak and beech forests to higher altitudes, and therefore we consider the current expansion of beech to lower altitudes as a result of less intensive use of oak forests since the 1950s. Investigating the partial effects of global environmental changes on forest ecosystems, we revealed several novel findings, including interesting interactions of drivers. It has been shown that the greatest changes in the species composition and decline in the diversity of oak forest vegetation occur when they are overgrown by shade-casting trees, especially hornbeam. If the structure of the forest does not change in this way, the vegetation exhibits the process of thermophilization (a shift towards more thermophilic species) and eutrophication (a shift towards nutrients more demanding species) and the interaction of these processes results in the most significant changes in the species composition. While thermophilization is induced by global warming, eutrophication is not only caused by nitrogen deposition, but also by increased populations of wild animals. Moreover, oak forests are often exposed to the high game levels, which results in a very significant decrease in diversity and decline of the characteristic vegetation of oak forests. On the other hand, the experimental application of historical forms of forest-use showed great potential for restoration of oak forest vegetation, despite the simulated high input of nitrogen into the environment.

Using the various data, we confirmed the acceleration of forest vegetation changes. Rapid changes occur mainly after the reduction or even loss of the buffering effect due to the forest canopy disturbances. However, the forest vegetation is currently changing in accelerated rates compared to periods twenty years ago even without changes in the forest structure. We also found that different global change drivers can differently affect the vegetation in different regions and environments. For example, in a more continental climate, such as the territory of Slovakia, when the forest cover is disturbed, the species composition tends to shift towards drought-tolerant and not warm-demanding plants.

The achieved results have been published in 19 scientific articles and more are in progress. Novel knowledge and experience was also disseminated in the form of talks and lectures at various events for experts and practitioners in the field of nature protection and forest management.