

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0714****Zmierňovanie rizika vyvolaného zmenou klímy prostredníctvom optimalizácie termínu lesnej ťažby**Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Ján Merganič, PhD.**Príjemca **Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta, Katedra lesnej ťažby, logistiky a meliorácií  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovensko

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

Priama spolupráca nebola plánovaná, avšak realizovala sa prostredníctvom spolupráce na odborných publikáciách a prijatím doktoranda z ČZU Praha v rámci stáže. Zahraničné pracoviská, z ktorých spolupracovníci na publikovaní výsledkov riešenia projektu pochádzajú, sú:

Department of Forest Management and Department of Forestry Technologies and Construction, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic, Department of Geodesy and Geoinformation, TU Wien, Gusshausstrasse 27–29, Vienna 1040, Austria, Department of Surveying and Remote Sensing, Institute of Geomatics and Civil Engineering, Faculty of Forestry, University of Sopron, Sopron 9400, Hungary, Global Change Research Institute CAS, Belidla 986/4a, Brno 603 00, Czech Republic, Forest Management Institute, Nábřeží 1326, Brandys nad Labem 250 01, Czech Republic

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

neboli

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

V rámci riešenia projektu bolo odpočítaných 12 vedeckých publikácií v karentových časopisoch (11 zahraničných) a 24 vedeckých publikácií (recenzované a nerecenzované), ktoré majú jednak význam teoretický a metodický (použitie pri modifikácii na podobné vedecké a praktické problémy), ale aj priamy z výsledkami z riešenia parciálnych vedeckých problémov. Medzi najvýznamnejšie výstupy môžeme zaradiť:

- Mokroš M., Výboštok J., Merganič J., Hollaus M., Barton I., Koreň M., Tomašík J., Čerňava J., 2017: Early Stage Forest Windthrow Estimation Based on Unmanned Aircraft System Imagery. *Forests* 8 (9), 306, p. 1-17, ISSN: 1999-4907 (IF: 1.951)
- Tomašík J., Mokroš M., Surový P., Grznárová A., Merganič J., 2019: UAV RTK/PPK Method—An Optimal Solution for Mapping Inaccessible Forested Areas? *Remote Sens.*

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky z analýz zameraných na povrchový odtok vody môžu byť využité pri zrážkovo-odtokových modeloch, pri ktorých sa vlastnosti vegetácie alebo povrchového krytu väčšinou charakterizujú parametrami porastu. Pri modelovaní odtoku z povrchov, na ktorých sa nachádza odumreté drevo, je možná úprava parametrov modelu pri využití odvodených relatívnych mier odumretého dreva na povrchový odtok.

V oblasti využitia moderných prístupov pri kvantifikácii kalamitných plôch sme overili možnosti použitia UAV zariadení. Ukazujú sa ako veľmi perspektívny a najmä operatívny nástroj na zisťovanie rozsahu a parametrov poškodených oblastí po kalamitách. Podobne sa javia historické snímky Corona, ktoré môžu byť vhodným doplnkovým zdrojom cenných historických informácií o stave a vývoji lesa. Moderným prístupom pri riešení projektu bolo aj testovanie metód blízkej pozemnej fotogrametrie pri kvantifikácii dendrometrických veličín jednotlivých stromov, ale aj parametrov odumretého dreva. Je veľký predpoklad, že v blízkej budúcnosti nájdú tieto metódy vplyvom rýchlo sa vyvíjajúcej techniky široké uplatnenie v lesníctve.

V oblasti predikcie citlivosti lesných porastov na poškodenie kalamitou sa ukázalo, že dlhodobá lesná hospodárska evidencia je veľmi cenným zdrojom, ktorá v prepojení na GIS poskytuje cenné informácie aj pracovníkom v lesnej prevádzke. Vytvorené mapové podklady a rámcové smernice hospodárenia pre ohrozené porasty môžu slúžiť priamo lesnej prevádzke pri realizácii hospodárskych opatrení resp. pri vypracovaní nových plánov starostlivosti o lesy.

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

Kalamity sú stály jav v procese vývoja lesa, ktorému sa obhospodarovateľ nemôže úplne vyhnúť. Riešenie projektu sa uberalo viacerými smermi, t.j. analýza povrchového odtoku vody, využitia moderných prístupov pri kvantifikácii kalamitných plôch (bezpilotné lietadlá UAV, historické snímky Corona, blízka pozemná fotogrametria) a predikcia citlivosti lesných porastov na poškodenie kalamitou na základe analýzy dlhodobých historických záznamov lesnej hospodárskej evidencie, multikriterálnej analýzy, umelých neurónových sietí (ANN), adaptívnych neuro-fuzzy rozhraní (ANFIS), geografických informačných systémov (GIS) analýz. Pri analýzach zameraných na povrchový odtok vody je výsledkom relatívna kvantifikácia vplyvu pokryvnosti a stavu odumretého dreva na spomalenie resp. zrýchlenie povrchového odtoku vody v spojení s faktormi ako smer uloženia dreva, sklon, veľkosť zrážky a vlhkosť dreva. V oblasti využitia moderných prístupov pri kvantifikácii kalamitných plôch sme sa zamerali na možnosti použitia UAV zariadení, ktoré sa ukazujú ako veľmi perspektívny a najmä operatívny nástroj na zisťovanie rozsahu a parametrov poškodených oblastí po kalamitách. Taktiež historické snímky Corona môžu byť vhodným doplnkovým zdrojom cenných historických informácií o stave a vývoji lesa. Testovanie metód blízkej pozemnej fotogrametrie pri kvantifikácii dendrometrických veličín jednotlivých stromov, ale aj parametrov odumretého dreva dáva veľký predpoklad, že v blízkej budúcnosti nájdú tieto metódy vplyvom rýchlo sa vyvíjajúcej techniky široké uplatnenie v lesníctve. V oblasti predikcie citlivosti lesných porastov na poškodenie kalamitou sa ukazuje, že dlhodobá lesná hospodárska evidencia je veľmi cenným zdrojom, ktorá v prepojení na GIS poskytuje cenné informácie aj pre lesnú prevádzku. Využitím moderných matematicko-štatistických metód na báze umelých neurónových sietí (ANN) ako aj adaptívnych neuro-fuzzy rozhraní (ANFIS) pri modelovaní pravdepodobnosť výskytu náhodnej ťažby pre jednotlivé jednotky priestorového rozdelenia lesa však neprineslo očakávané výsledky. Rubná doba, ktorá je hlavným regulátorom veku porastov, predstavuje dôležitú veličinu z pohľadu obmedzenia výskytu náhodných ťažieb.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku**

**(max. 20 riadkov)**

Disturbances are permanent processes in forest development that a forest manager cannot avoid. Project solution was following several directions: (i) analysis of surface runoff of water, (ii) applying modern approaches for quantification of disturbed areas (UAV, Corona historical photographs, close-range terrestrial photogrammetry), and (iii) prediction of forest stand sensitivity to damage caused by disturbances on the base of the analyses of historical records of forest management, multi-criteria analysis, artificial neural networks, adaptive neuro fuzzy inference systems, and geographical information systems. With the analyses directed at surface water runoff we quantified the relative impact of deadwood coverage and deadwood characteristics (moisture, spatial orientation of wood) on the deceleration or acceleration of surface runoff with regard to other factors such as slope, and precipitation amount. In the field of application of modern approaches for the quantification of disturbed areas we focused on the possibilities to use UAVs. Our analyses indicate that UAV seems to be a prospective and an operational tool for the estimation of the extent and parameters of disturbed areas. Corona historical photographs were found to be a suitable source of additional historical information about the forest state and development. Tests of close-range terrestrial photogrammetry for the quantification of dendrometric variables of individual trees and parameters of deadwood indicated that due to the fast development of technologies these methods will be widely applied in forestry in near future. In the area of predicting the sensitivity of forest stands to damage caused by disturbances we revealed that the long-term historical forestry records are very valuable information sources, which if linked to GIS can provide us with highly relevant information also for forestry practice. The application of modern mathematical statistical methods based on artificial neural networks (ANN) and adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) for modelling the occurrence probability of incidental felling at a level of individual spatial forest management units has not brought expected outcomes. Rotation period, which is the main factor affecting stand age, has been found to be crucial for eliminating the occurrence of incidental fellings.