

# VPLYV ENVIRONMENTÁLNYCH FAKTOROV NA ŠÍRENIE LYKOŽRÚTA SMREKOVÉHO V TICHEJ A KÔPROVEJ DOLINE V ROKU 2006

Christo Nikolov • Matúš Kajba • Juraj Galko • Andrej Gubka •  
Andrej Kunca • Jozef Vakula • Michal Bošela

## Úvod

### *Feromónové lapače*

Feromónové lapače sa v súčasnosti využívajú na kontrolu a monitoring výskytu podkôrneho hmyzu pred objavením sa viditeľných príznakov poškodenia v sledovanej oblasti, ale aj na redukovanie jeho populácie. Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov výrazne závisí od prírodného prostredia a miestnych podmienok, ako je teplota, expozícia, oslnenie, konkurencia okolitých padnutých, polámaných a oslabených stromov (LOBINGER, 1995). Viacero autorov sa zaoberalo účinnosťou feromónových lapačov pri odchyte lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) do feromónových lapačov (DIMITRI *et al.*, 1992; LOBINGER & SKATULLA, 1996; DUELLI *et al.*, 1997; WICHMANN & RAVN, 2001). Podľa LOBINGERA & SKATULLU (1996) účinnosť lapačov na zachytenie populácie hmyzu je len okolo 3 % a pri vysokej hustote rozmiestnenia lapačov 10 % z celkovej hustoty populácie (WESLIEN & LINDELÖW, 1990; LOBINGER & SKATULLA, 1996; WERMELINGER, 2004). V práci WICHMANN & RAVN (2001) sú spomenuté čiastkové nepublikované výsledky výskumu, kde vyhodnotili účinnosť lapačov na odchyt celkovej lokálnej populácie podkôrneho hmyzu medzi 2 – 45 %. Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov nekoreloval s hustotou napadnutých stromov. Autori zhodnotili efekt lapačov ako ochranného opatrenia za limitovaný. Táto skutočnosť môže súvisieť aj s tvrdeniami práce ZACH *et al.* (2008), kde autori na základe dosiahnutých výsledkov uvádzajú, že lapače samotné, bez ďalších metód ochrany lesa, za danej situácie nemôžu zabrániť napadnutiu lesných porastov lykožrútom a ich rozpadu. Naopak, veľa lykožrútov môžu pritiahnúť do ešte nenapadnutých porastov a následne spôsobiť ich odumretie.

### *Faktory ovplyvňujúce šírenie lykožrúta smrekového*

Zložitý proces šírenia lykožrúta smrekového ponúka otázky, ktoré sú predmetom neustáleho výskumu (WERMELINGER, 2004). Na vývoj populácie lykožrúta smrekového a jeho šírenie vplyva rad biotických, abiotických faktorov, ako aj veľkosť a rozmiestnenie populácie lykožrúta smrekového. Pri šírení lykožrúta, okrem iného, zohráva dôležitú úlohu predispozícia porastu na danom stanovišti. Napríklad stromy smreka v zmiešaných porastoch sú menej náchylné pre napadnutie lykožrútom ako čisté monokultúry smreka (BAIER *et al.*, 2002). Vo všeobecnosti je známe, že lykožrút napáda najmä stromy, ktoré sú už napadnuté iným primárnym škodlivým činiteľom (LINDELÖW *et al.*, 1992). Avšak BYERS (1996) na základe počítačových simulácií poukázal na to, že lykožrút napáda všetky stromy, popri ktorých prelieta, bez ohľadu na ich súčasný zdravotný stav. Taktiež je z literatúry zrejmé, že lykožrút preferuje porasty na južných expozíciách a osvetlené stromy, najmä po bezprostrednom zvýšení solárnej radiácie (LOBINGER & SKATULLA, 1996, JAKUŠ *et al.*, 2003). Taktiež nadmorská výška a obsah pôdnych živín, ako dusík, fosfor a horčík, majú významný vplyv na odolnosť smreka a úroveň aktivity lykožrúta (NEF, 1994; DUTILLEUL *et al.*, 2000). V práci LAUSCH *et al.* (2011) sa nadmorská výška prejavila ako najdôležitejší z abiotických faktorov vplyvujúcich na šírenie lykožrúta smrekového. Za hlavné faktory vedúce k premnoženiu podkôrneho hmyzu sú považované dlhotrvajúce suchá, nadpriemerné teploty a vetrové kalamity (WERMELINGER, 2004). Najviac priestorovo korelujúcim faktorom s populačnou dynamikou hmyzu bola v práci ØKLAND & BJØRNSTAD (2003) vetrová kalamita. Tieto výsledky potvrdzujú aj ďalšie práce (RAVN, 1985; WORRELL, 1983 a iné).

### *Geografické informačné systémy v lesníctve*

Problematika komplexných geografických informácií je kľúčovou súčasťou lesníctva (TUČEK *et al.*, 2011). Lesné hospodárstvo, okrem iného, zahŕňa zber, aktualizáciu, analýzu údajov týkajúcich sa lesných porastov.

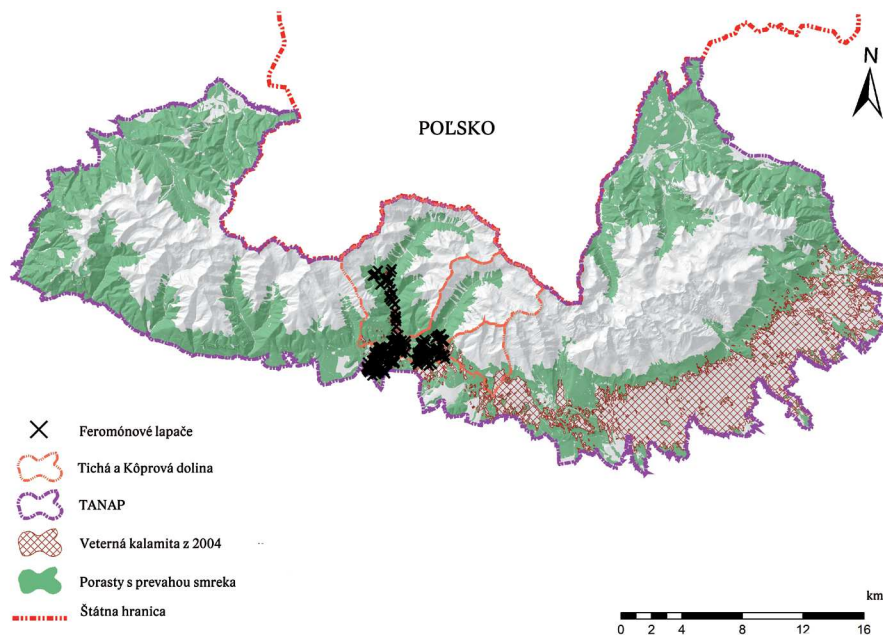
Tieto údaje majú geografické (priestorové) a atribútové (tabuľkové) komponenty. Dáta súvisiace s lesným hospodárstvom sú často rozsiahle (niekoľko gigabajtov alebo dokonca terabajtov) a komplexné. Takto komplexné údaje možno účinne spravovať len pomocou vhodných priestorových technológií, akými sú geografické informačné systémy (GIS) (VON GADOW & BREDEKAMP, 1992). GIS sa stali základnou súčasťou systémov hospodárenia v lesoch v mnohých komerčných lesných podnikoch (AUSTIN & MEYERS, 1996; VON GADOW & BREDEKAMP, 1992). Vývoj webových technológií a bezdrôtovej komunikácie poskytuje čoraz väčšie možnosti prístupu k informáciám (LONGLEY *et al.*, 2005). Použitím GIS, diaľkového prieskumu zeme (DPZ) a globálneho lokalizačného systému (angl. GPS) je možné zefektívniť zber dát, znížiť chybovosť pri zapisovaní a zvýšiť celkovú presnosť požadovaných údajov, ktoré sú ďalej používané pri efektívnom riadení a hospodárení v lesných porastoch. Napriek technologickej náročnosti, spolu s vysokými nákladmi niektorých technológií, či odtrhnutosti teórie od reálnych možností a potrieb praxe (TUČEK *et al.*, 2011), je dôležité, aby lesní manažéri mali prehľad a znalosti o priestorových technológiách (GIS, DPZ, GPS) používaných pri zbere údajov, plánovaní a hospodárskych opatrení v lesnom hospodárstve (ISMAIL *et al.*, 2012).

Cieľom práce je prezentovať čiastkové výsledky z výskumu vplyvu prostredia na počet odchytených jedincov lykožrúta smrekového do feromónových lapačov na území vybranej časti TANAP-u, v Tichej, Kôprovej doline, zasiahnutom kalamitou v r. 2004. Ďalej prezentujeme využitie GIS a údajov z GPS pre uplatnenie manažovania lesných porastov s cieľom minimalizovania negatívneho vplyvu aktivity podkôrneho hmyzu.

## Metodika

### Skúmané územie

Skúmané územie leží v Tatranskom národnom parku (TANAP) v ochrannom obvode Podbanské (obr. 1). Územne sem patria maloplošné chránené územia (MCHÚ): národná prírodná rezervácia (NPR) Tichá a Kôprova dolina a prírodná rezervácia (PR) Machy.



Obrázok 1. Rozmiestnenie feromónových lapačov v TANAP-e

### Zber a spracovanie údajov

Na území kalamitiska boli za účelom eliminácie lykožrútovej kalamity v rokoch 2005 – 2009 inštalované feromónové lapače podľa normy STN 48 2711 Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho a drevokazného hmyzu na ihličnatých drevinách (zrušená 1. 10. 2012). Lapače boli umiestnené k porastovej stene vo vzdialenosti 10 – 25 a viac metrov od najbližšieho živého smreka, s minimálnym vzájomným odstupom 30 metrov. Použité boli nárazové štrbinové (typ Theysohn) a nárazové bariérové (Ecotrap) lapače, v ktorých boli použité odparníky Pheroprax A a IT-Ecolure. Lapače boli vyprázdňované v intervale 7 – 14 dní. Počet odchytených lykožrútov bol zistený na základe vzťahu 1 ml = 40 ks lykožrútov (STN 48 2711). Počty lapačov a ich rozmiest-

nenie boli navrhované v spolupráci so Štátnymi lesmi (ŠL) TANAP-u a Lesníckeho výskumného ústavu (LVÚ) Zvolen (ZÚBRIK *et al.*, 2005). V predkladanej práci prezentujeme spracované údaje z odchyty do feromónových lapačov za rok 2006 (tab. 1)

*Tabuľka 1. Štatistické charakteristiky odchytených imág lykožrúta smrekového do feromónových lapačov na skúmanom území za rok 2006*

Rok	N	Q <sub>0,25</sub>	Medián	Q <sub>0,75</sub>	Priemer
2006	216	9 937	12 913	15 993	13 134

Pre potreby identifikácie faktorov vplyvujúcich na odchyt do feromónových lapačov bolo vytvorených niekoľko digitálnych vrstiev. Použité boli údaje dostupné pre abiotické charakteristiky stanovišťa, na ktorom boli lapače umiestnené a vzdialenosti potenciálneho zdroja podkôrneho hmyzu od inštalovaných lapačov.

V osobitných tabuľkách boli uložené pozície jednotlivých lapačov z GPS v súradnicovom systéme WGS 1984. Údaje o pozícii lapačov boli na základe identifikátora prepojené s údajmi ŠL-TANAP-u o odchytoch lykožrúta smrekového do feromónových lapačov za rok 2006.

Pre získanie charakteristík umiestnenia lapačov, dôležitých z hľadiska šírenia podkôrneho hmyzu, boli vygenerované charakteristiky stanovišťa, kde bol lapač umiestnený. Pre odvodenie nadmorskej výšky a ďalších charakteristík sa použil „Digitálny model reliéfu úrovne 3“ (DMR-3),

Nasledovné charakteristiky boli vygenerované z DMR pomocou priestorových analýz v prostredí ArcGIS, s využitím nástroja Spatial Analyst:

- Nadmorská výška [m n. m.]
- Sklon svahu [°]
- Potenciálna solárna radiácia (WH/m<sup>2</sup>) – oslnenie reliéfu – bolo kvantifikované prostredníctvom rastrovej vrstvy globálneho slnečného žiarenia, resp. slnečnej radiácie, predstavujúcej množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia (priameho a difúzneho) vyjadreného v WH/m<sup>2</sup> a rastrovej vrstvy dĺžky trvania dopadajúceho slnečného žiarenia. Uvedená vrstva predstavuje:
- Potenciálnu dĺžku oslnenia georeliéfu (hod).

Ďalej boli počítané vzdialenosti a rozloha potenciálneho zdroja podkôrneho hmyzu vplyvujúce na veľkosť odchyty do feromónových lapačov. Ako potenciálne ohnisko šírenia lykožrúta smrekového boli použité nasledovné digitálne vrstvy, ich rozloha a vzdialenosť lapača od nich.

- Chrobačiare z predošlého roku umiestnenia lapača
- Chrobačiare z roku umiestnenia lapača
- Vzdialenosť porastových stien od lapača
- Nespracovaná vetrová kalamita.

### **Premenné vstupujúce do regresnej rovnice**

Premenné, ktoré by mohli potenciálne vplyvať na množstvo imág lykožrúta smrekového odchyteného do feromónových lapačov (tab. 2) boli vybrané na základe predošlých analýz, dostupnej literatúry a nasledovných predpokladov: distribúcia populácie lykožrúta smrekového v predchádzajúcom roku, ako aj primárny zdroj porasty – nespracovaná vetrová kalamita – zohrávajú kľúčovú úlohu pri modelovaní šírenia tohto druhu lykožrúta.

Identifikácia významných faktorov sa urobila pomocou viacfaktorového regresného modelovania. Pre výber premenných sa použila metóda postupného pridávania jednotlivých faktorov do modelu (tzv. kroková regresná analýza). Pritom konečný počet premenných sa definoval pomocou Akaikeho informačného kritéria (AIC), ktoré zohľadňuje sumu štvorcov aj počet parametrov regresného modelu. Týmto postupom sa vyberie taký počet premenných, aby bol model čo najrobustnejší (stabilný) a vysvetlil čo najviac variability závislej premennej.

Tabuľka 2. Premenné vstupujúce do modelu závislosti odchyty lykožrúta smrekového do feromónových lapačov

Premenná	Kategória premennej	Opis premennej	Jednotky	Zdroj
Závislá	Biologické	Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov	ks	Záznamy ŠL - TANAP
	Biologické/štruktúrne údaje	Vzdialenosť k nespracovanej veternej kalamite	m	ortofotomapy
		Rozloha nespracovanej veternej kalamity	m <sup>2</sup>	ortofotomapy
		Vzdialenosť k chrobačiarom z roku inštalácie lapača	m	ortofotomapy
		Rozloha chrobačiara z roku inštalácie lapača	m <sup>2</sup>	ortofotomapy
		Vzdialenosť k chrobačiarom z predošlého roka	m	ortofotomapy
		Rozloha chrobačiara z predošlého roka	m <sup>2</sup>	ortofotomapy
Nezávislá	Klimatické	Vzdialenosť k porastovej stene	m	JPRL
		Počet dní lapača v teréne	deň	Záznamy ŠL – TANAP
	Klimatické	Potenciálna solárna radiácia	Wh/m <sup>2</sup>	DMR 3, ArcGis 10, model
		Potenciálna doba slnečného svitu	h	DMR 3, ArcGis 10, model
	Topografické	Sklon	°	DMR 10 m
		Nadmorská výška	m	DMR 10 m

Navyše, uvažovalo sa aj so vzájomnými interakciami medzi premennými a ich vplyv na závislú premennú:

$$y_i = \mu + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 (x_{i1} x_{i2}) + \dots + e_i$$

kde:

$y_i$  – závislá premenná Y (kritéria) v  $i$ -tom pozorovaní

$x_{i1-n}$  – nezávislé (vysvetľujúce) premenné 1-n

$\beta_{1-n}$  – regresný koeficient  $j$ -tej premennej X ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) dohadované analýzou

$e_i$  – náhodná chyba, reprezentuje vplyv všetkých ostatných faktorov, ktoré nebolo možné zahrnúť do analýzy

Medzi premenné, ktoré vstupovali do interakcie, sme zaradili rozlohu polygónov nespracovanej veternej kalamity, rozlohu chrobačiarov z roku inštalácie lapača a rok pred inštaláciou lapača a vzdialenosť týchto plôch od lapačov.

Pre zhodnotenie kvality modelu bol použitý upravený koeficient determinácie (Adjusted R-Squared), ktorý odstraňuje problém s rastúcou hodnotou  $R^2$  pri rastúcom počte premenných a umožňuje porovnať modely s rôznym počtom parametrov.

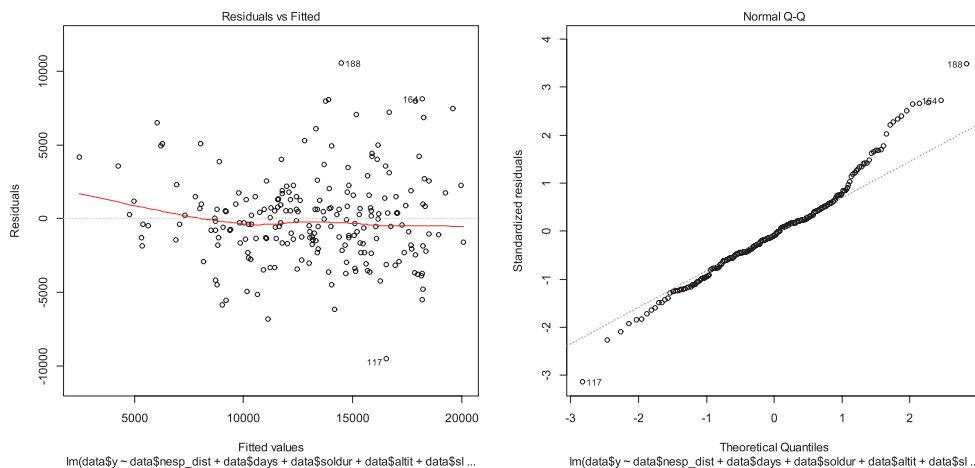
Pozitívna (kladná) alebo negatívna (záporná) hodnota regresného koeficientu  $\beta_j$  určuje, ako daná premenná ovplyvňuje veľkosť odchyty lykožrúta smrekového do feromónových lapačov. Pozitívna hodnota znamená, že so zväčšujúcou sa rozlohou nespracovanej kalamity alebo chrobačiarov rástol počet odchytených jedincov. Negatívna hodnota potom znamená opačný vplyv. Ovplynenie v pozitívnom význame teda znamená, že závislá a nezávislá premenná súčasne rastú alebo súčasne klesajú. Ovplynenie v negatívnom smere znamená opačný vzťah, a to, že závislá premenná rastie alebo klesá v opačnom smere k nezávislej premennej.

Pre vyhodnotenie celkovej vhodnosti modelu, jeho stability a pre overenie neprítomnosti heteroskedacity (reziduály vykazujú konečný a konštantný rozptyl) sa použili štandardné grafické postupy – bodový graf (obr. 2a), kde na osi  $x$  je modelom odhadnutá veličina a na osi  $y$  sú reziduály.

Ďalej sme použili graf Q–Q pre posúdenie normality rozdelenia reziduálov (obr. 2b).

Kompletná použitá regresná rovnica, aj s výsledkami, je uvedená v tabuľke 2 pod obrázkami 2a, b v časti výsledky.

Regresné analýzy sa vykonali v štatistickom programe R s použitím balíka „MASS“ (VENABLES & RIPLEY, 2002).



Obrázok 2 a) Kontrola heteroskedasticity rezíduí, b) Q–Q – pre porovnanie kvantilu teoretického a odhadnutého rozdelenia reziduálov (bodkovaná čiara je teoretické normálne rozdelenie reziduálov)

## Výsledky

Model použitý pre lapače umiestnené v skúmanej časti územia **A** objasnil 57 % variability ( $Adj. R^2 = 0,57$ ) a do výpočtu bolo zahrnutých 6 premenných (tab. 3).

Medzi významné premenné patrili potenciálna dĺžka oslnenia georeliéfu, počet dní umiestnenia lapača, nadmorská výška a sklon. Taktiež vzdialenosť nespracovanej veternej kalamity a vzdialenosť od chrobačiarov vzniknutých rok pred inštalovaním lapača sa ukázali ako významné faktory. Stredná chyba odhadu je výrazne nižšia ako odhad čo naznačuje celkovú vhodnosť výsledného modelu. Hodnota absolútneho koeficientu  $\beta_0$  sa významne líšila od nuly, čo naznačuje, že aj bez pôsobenia uvažovaných nezávislých premenných sa v lapačoch nachádzalo množstvo jedincov významne vyššie od nuly. Reziduálne odchýlky sú náhodne rozmiestnené okolo nuly a v grafe (obr. 2a) nie je vidieť náznak potenciálneho trendu. Z Q–Q grafu rozdelenia reziduálnych odchýlok porovnávaných s normálnym rozdelením (obr. 2b) je zjavné, že rozdelenie sa líši od normálneho rozdelenia najmä v pravej časti.

Počet lykožrútov odchytených do feromónových lapačov pozitívne ovplyvnili nasledovné premenné: vzdialenosť od nespracovanej veternej kalamity, potenciálna dĺžka oslnenia, sklon georeliéfu a vzdialenosť lapačov od chrobačiarov z predošlého roka inštalácie lapača.

Negatívne vplyvajúce premenné: počet dní umiestnenia lapača v teréne a nadmorská výška.

Tabuľka 3. Premenné a ostatné parametre modelu pre územia Tichej a Kôprovej doliny z roku 2006. Charakteristiky modelu sú prevzaté z programu R v originálnej podobe

Residuals:					
Min	1Q	Median	3Q	Max	
-9486.3	-1739.4	-268.6	1347.5	10540.2	
Koefficienty:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	67919,6611	5922,2339	11,469	< 2e-16	***
Vzdialenosť nespracovanej kalamity	2,1294	0,6389	3,333	0,00102	**
Počet dní lapača v teréne	-444,2225	35,8034	-12,407	< 2e-16	***
Potenciálna doba slnečného svitu	7,2873	1,3259	5,496	1,12E-07	***
Nadmorská výška	-14,6993	2,5405	-5,786	2,61E-08	***
Sklon	159,0371	37,8838	4,198	3,98E-05	***
Vzdialenosť k chrobačiarom z predošlého roka	1,4796	0,6011	2,461	0,01465	*
Residual standard error: 3050 on 209 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.586, Adjusted R-squared: 0.5741					
F-statistic: 49.3 on 6 and 209 DF, p-value: < 2.2e-16					

P – hodnota jednotlivých premenných určuje významnosť premennej v regresnej rovnici nasledovne: vysoko významná premenná = 0 ‘\*\*\*’, významná premenná = 0,001 ‘\*\*’, mierne významná premenná 0,01 ‘\*’, slabo významná premenná 0,05 ‘.’, nevýznamná premenná použitá v modeli = 0,1.

## Záver a diskusia

Práca prezentuje čiastkové výsledky analýzy vplyvu prostredia na množstvo odchytených imág podkôrneho hmyzu do feromónových lapačov na území Tichej a Kôprovej doliny. Výpočty boli vykonané uplatnením krokovej lineárnej regresnej analýzy. Analýza preukázala závislosť sledovanej závislej premennej (veľkosti odchyty) na vybraných charakteristikách prostredia. V skúmanej časti územia model v roku 2006 objasnil 57 % variability pomocou 6 premenných.

S rastúcou vzdialenosťou lapačov od nespracovanej vetrovej kalamity a chrobačiarov z predošlého roka rásol počet odchytených jedincov lykožrúta smrekového. Toto môže byť spôsobené tým, že prevažná časť nespracovanej vetrovej kalamity a susediacich chrobačiarov sa nachádzala vo vyšších nadmorských výškach v zatienenejšej časti Tichej a Kôprovej doliny. Všeobecne táto časť územia je chladnejšia, čo môže vplyvať aj na šírenie hmyzu (WULDER, 2006). K uvedeným predpokladom sa pripája aj skutočnosť, že na modelovacom procese sa podieľali významne potenciálna doba oslnenia georeliéfu (pozitívne) a nadmorská výška (negatívne). Tieto výsledky korešponujú s prácami LOBINGER & SKATULLA 1996, DUTILLEUL *et al.*, 2000 a LAUSCH *et al.*, 2011.

## Problémy pri tvorbe modelu pre vyhodnocovanie účinnosti feromónových lapačov

Poznanie správania sa lykožrúta smrekového je dôležité pre výber vhodných premenných (faktorov) pri zostavovaní regresnej rovnice. Od tohto kroku závisí presnosť a správnosť výsledku analýzy. Príprava a výber vhodného súboru údajov je často diskutovanou problematikou. Za hlavný problém pri výbere prediktorov pokladáme skutočnosť, že nie všetky údaje ovplyvňujúce distribúciu podkôrneho hmyzu vieme konvertovať do podoby premennej vstupujúcej do procesu modelovania. Ďalej, zjednodušenie niektorých faktorov prevodom do digitálnej formy môže niesť určitý podiel chyby pri konečnom výsledku procesu. Absencia niektorých údajov (zrážky, teplota v jednotlivých častiach územia), významne vplyvujúcich na šírenie sa podkôrneho hmyzu, môže znižovať celkovú kvalitu a presnosť regresnej analýzy. Do modelu priamo nevstúpila ďalšia významná premenná – expozícia georeliéfu voči svetovým stranám, nakoľko tento prediktor je kvalitatívneho charakteru a ostatné použité premenné majú kvantitatívny charakter, čo by vyžadovalo transformáciu údajov. Rozhodli sme sa zahrnúť expozíciu v interpretovaných vlastnostiach (potenciálna solárna radiácia, potenciálna dĺžka oslnenia georeliéfu). Ďalší nedostatok nášho prístupu vidíme v aplikácii modelu. Ten môže byť použitý len na jednotlivé časti územia v jednotlivých rokoch.

Výsledný model v niektorých jeho častiach nespĺňal základné požiadavky správnosti modelu. Pri hodnotení konštantného rozptylu náhodných zložiek dochádza k veľkým zmenám v hodnotách vysvetľujúcich premenných k tzv. heteroskedasticite. Príčiny tohto javu pravdepodobne spočívajú vo vynechaní niektorej podstatnej vysvetľujúcej premennej. Aj napriek tomu, že výsledky môžu byť nad- alebo podhodnotené, považujeme premenné podieľajúce sa na vysvetlení určitej časti variability za významné, nakoľko sa tieto nezávislé podobne podieľali v aj v regresnej rovnici použitej pre časti, kde model spĺňal kritériá správnosti. Rozhodli sme sa preto ich vplyv vyhodnocovať.

## Možné chyby pri zbere údajov

Proces modelovania bol ovplyvnený aj niekoľkými chybami pri zbere údajov. Medzi množstvom lapačov, ktoré boli vyhodnocované, mohlo mať vplyv na odchyt niekoľko faktorov. Jedným z faktorov je samotná inštalácia odparníkov, ktorá má vplyv na veľkosť odchyty, nesprávne otvorenie, či už nadmieru (rýchle vyprchanie aktívnej látky), prípadne nedokonalé otvorenie tiež výrazne ovplyvní počet odchytených jedincov. Ďalej samotný odber hmyzu z lapačov a meranie počtu odchyteného hmyzu môže byť, a spravidla aj býva, spojené s chybami.

## Z výsledkov môžeme stanoviť nasledovné odporúčania pre prax

V práci je prezentovaný len čiastkový výskum. Kompletný výskum je publikovaný v práci NIKOLOV (2012). Na základe širšie získaných teoretických poznatkov a výsledkov výskumu navrhujeme nasledovné opatrenia pre zefektívnenie využitia feromónových lapačov pri eliminácii podkôrneho hmyzu po kalamitách:

- V prípade výskytu vetrovej, snehovej alebo inej kalamity, po ktorej zostane v poraste poškodená drevná hmota atraktívna pre podkôrny hmyz, umiestniť lapače v blízkosti tejto hmoty.
- Sústrediť lapače na miesta k aktívnym stojacim chrobačiarom pred vyrojením podkôrneho hmyzu a nepoužívať feromónové lapače v blízkosti zdravých porastov.

- Umiestňovať lapače na miesta s vyšším stupňom solárnej radiácie a dĺžkou slnečného svitu.
- V prípade plošného poškodenia porastu prvý a druhý rok po vetrovej kalamite umiestniť lapače ďalej od porastových stien smerom k nespracovanej hmote.
- Odporúčame kratší interval kontrol lapačov, hlavne v dobe pred začiatkom a počas masívneho najmä jarného rojenia podkôrneho hmyzu.
- Pri zbere údajov odporúčame využívať na zápis a lokalizáciu lapača elektronické zariadenia s GPS prijímačom (v dnešnej dobe stačí „chytrý telefón“), ktoré proces urýchlia a spresnia. Údaje tak bude možné implementovať do GIS bez väčších chýb.
- posledným a hlavným opatrením ochrany lesa po kalamitách, nesúvisiacim s efektívnym využitím lapačov, tam kde to umožňuje legislatíva zostáva urýchlené spracovanie všetkej kalamitnej hmoty vhodnej na vývin lykožrúta smrekového.

## Podakovanie

*Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: „Prognosticko-informačné systémy pre zvýšenie efektívnosti manažmentu lesa“ (ITMS:26220220109) spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

## Literatúra

- AUSTIN, M. P. & MEYERS, J. A., 1996: Current approaches to modelling the environmental niche of eucalypts: implication for management of forest biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 85: 95–106.
- BAIER, P., FÜHRER, E., KIRISITS, T., ROSNER, S., 2002: Defence reactions of Norway spruce against bark beetles and the associated fungus *Ceratocystis polonica* in secondary pure and mixed species stands. *For. Ecol. Manag.*, 159, p. 73–86.
- BYERS, J. A., 1996: An encounter rate model of bark beetle populations searching at random for susceptible host tree. In *Ecol. Model.*, vol. 91, p. 57–66, ISSN 0304-3800.
- DIMITRI, L., GEBAUER, U., LÖSEKRUG, R., VAUPEL, O., 1992: Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. *J. Appl. Entomol.*, 114, p. 103–109.
- DUELLI, P., ZAHRADNIK, P., KNIZEK, M., KALINOVA, B., 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone trapp. *J. Appl. Entomol.*, 121, p. 297–303.
- DUTILLEUL, P., NEF, L., FRIGON, D., 2000: Assessment of site characteristics as predictors of the vulnerability of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) stands to attack by *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.*, 124, p. 1–5.
- ISMAIL, R., NORRIS-ROGERS, M., MUTANGA, O., AHMED F., 2012: Geographic Information Systems and Remote Sensing Applications in Forest Management. *South African Forestry Handbook (5th Edition)*, B. Bredenkamp and S. Upfold (Eds.), South African Institute of Foresters, Pretoria, 743 pp.
- JAKUŠ, R., GRODZKI, W., JEŽIK, M., JACHYM, M., 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. In: McMANUS, M., LIEBHOLD, A. (ed.): *Ecology, Survey and Management of Forest Insects, Proceedings of the conference*, USDA Forest Service, TR NE-311, p. 25–32.
- LAUSCH, A., FAHSE, L., HEURICH, M., 2011: Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: A long-term quantitative landscape/level analysis. *Forest Ecology and management*, 261, p. 233–245.
- LINDELÖW, Å., RISBERG, B., SJÖDIN, K., 1992: Attraction during flight of scolytids and other bark- and wood-dwelling beetles to volatiles from fresh and stored spruce wood. *Can. J. For. Res.*, 22, p. 224–228.
- LOBINGER, G., 1995: Einsatzmöglichkeiten von Borkenkäferfallen. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge*, 50, p. 198–201.
- LOBINGER, G., SKATULLA, U., 1996: Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. *Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz*, 69, p. 183–185.

- LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J. and RHIND, D. W., 2005: Geographic Information Systems and Science. John Wiley and Sons, Chichester, 454 p.
- NEF, L., 1994: Estimation de la vulnérabilité de pessières aux attaques d'*Ips typographus* L. a partir de caractéristiques stationnelles. *Silva Belgica*, 101, p. 7–14.
- NIKOLOV, CH., 2012: Časovo-priestorová kvantifikácia šírenia lykožrúta smrekového po rozsiahlej vetrovej kalamite vo Vysokých Tatrách. (Dizertačná práca), Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 115 s. + 12 príloh.
- ØKLAND, B., BJØRNSTAD, O. N., 2003: Synchrony and geographical variation of the spruce bark beetle (*Ips typographus*) during a non-epidemic period. *Population Ecology*, 45: p. 213–219.
- STN 48 2711 ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho a drevokazného hmyzu na ihličnatých drevinách.
- TUČEK, J., KOREŇ, M., MAJLINGOVÁ, A., SMREČEK, R., SUCHOMEL, J., 2011: Geoinformatika a geoinformačné technológie v precíznom lesníctve. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 166 s., ISBN 978-80-228-2345-6.
- VAKULA, J. *et al.*, 2007: Projekt ochrany lesa na území TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004 pre štatné a neštatné subjekty. Realizačný projekt pre rok 2007. Zvolen, Národné lesnícke centrum, 80 s.
- VENABLES W. N., RIPLEY B. D., 2002: Modern Applied Statistics with S, Springer, Fourth ed., New York, ISBN 0-387-95457-0, dostupné na internete: <<http://www.statp.ox.ac.uk/pub/MASS4>>
- VON GADOW, K. and BREDEKAMP, B., 1992: Forest Management. Academica, Pretoria, 151 p.
- WERMEILINGER, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, *Forest Ecology and Management*, 202, p. 67–82.
- WICHMANN, L., RAVN, H. P., 2001: The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *For. Ecol. Manag.*, 148, p. 31–39.
- WULDER, M. A., WHITE, J. C., BENTZ, B., ALVAREZ, M. F., COOPS, N. C., 2006: Estimating the probability of mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sens. Environ.*, 101, p. 150–166.
- ZACH, P., KRŠIAK, B., KULFAN, J., 2008: Vetrové kalamity v smrekových lesoch a premnoženia lykožrúta smrekového *Ips typographus*. Zvolen, Ústav ekológie lesa SAV. Dostupné na internete: <<http://www.savzv.sk>>. ISSN 1337–7655. ISBN 978–80–969525, s. 6–4.
- ZÚBRIK, M. *et al.*, 2005: Projekt ochrany lesa na území ŠL TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 50 s.

---

**Ing. Christo Nikolov, PhD.<sup>1</sup>, Mgr. Matúš Kajba<sup>2</sup>, Ing. Andrej Gubka, PhD.<sup>1</sup>,  
Ing. Juraj Galko, PhD.<sup>1</sup>, Ing. Andrej Kunca, PhD.<sup>1</sup>, Ing. Jozef Vakula PhD.<sup>1</sup>,  
Ing. Michal Bošela, PhD.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Lesnícka ochranná služba, Lesnícka 11, SK – 969 23 Banská Štiavnica, e-mail: nikolov@nlcsk.org

<sup>2</sup>Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, SK – 960 92 Zvolen